



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

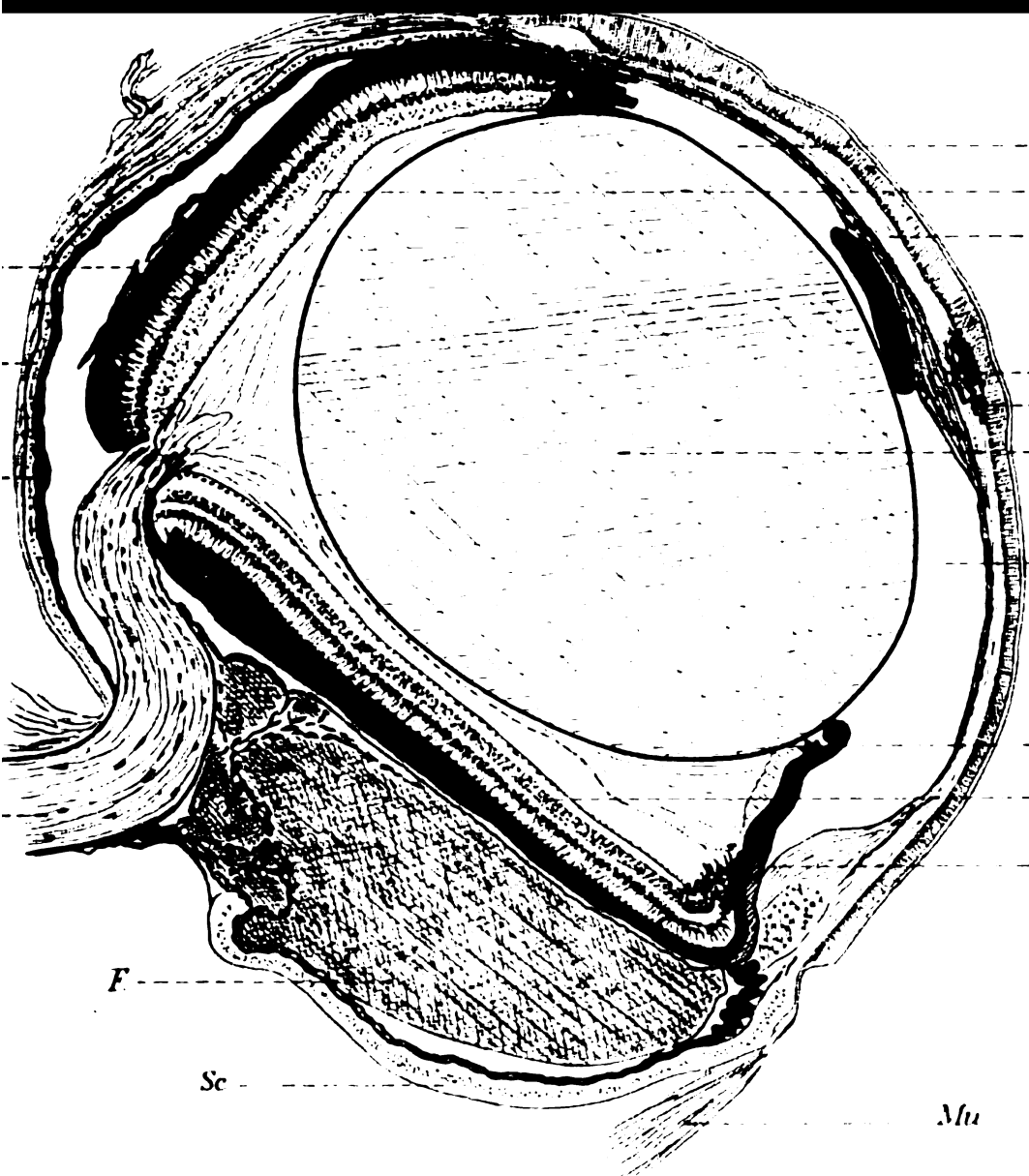
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



*Skandinavisches Archiv  
für Physiologie*



**TRANSFERRED TO  
CABOT SCIENCE LIBRARY**

**HARVARD UNIVERSITY**



**LIBRARY OF THE  
BIOLOGICAL LABORATORIES**

**Gift of Widener Library,  
3-15-48.**

**GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY**





# SKANDINAVISCHES ARCHIV FÜR PHYSIOLOGIE.

---

UNTER MITWIRKUNG VON

PROF. DR. S. TORUP IN CHRISTIANIA, PROF. DR. K. A. HÄLLSTÉN, PROF. DR. E. A. HOMÉN  
UND PROF. DR. E. E. SUNDBLAD IN HELSINGFORS, PROF. DR. CHR. BOHR IN KOPENHAGEN, PROF.  
DR. M. BLIX IN LUND, PROF. DR. S. JOLIN, PROF. DR. K. A. H. MÖRNER UND PROF.  
DR. R. TIGERSTEDT IN STOCKHOLM, PROF. DR. O. HAMMARSTEN, DR. W. LINDBERGER  
UND DR. HJ. ÖHRWALL IN UPSALA

HERAUSGEGEBEN

VON

**DR. FRITHIOF HOLMGREN,**

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN  
INSTITUTS AN DER UNIVERSITÄT ZU UPSALA.

---

VIERTER BAND.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZEHN TAFELN.



LEIPZIG,  
VERLAG VON VEIT & COMP.

1893.

T. 57

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

# Inhalt.

	Seite
<b>RUDOLF KOLSTER</b> , Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Myomalacia cordis. (Hierzu Taf. I.) . . . . .	1
<b>C. G. SANTESSON</b> , Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels. Zweite Abhandlung . . . . .	46
<b>C. G. SANTESSON</b> , Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels. Dritte Abhandlung . . . . .	98
<b>C. G. SANTESSON</b> , Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels. Vierte Abhandlung . . . . .	135
<b>VALDEMAR HENRIQUES</b> , Untersuchungen über den Einfluss des Nervensystems auf den respiratorischen Stoffwechsel der Lungen . . . . .	194
<b>VALDEMAR HENRIQUES</b> , Untersuchung des Blutdruckes im Lungenkreislauf . . . . .	229
<b>ERNST LANDERGREN</b> u. <b>ROBERT TIGERSTEDT</b> , Studien über die Blutvertheilung im Körper. Zweite Abhandlung. (Hierzu Taf. II.) . . . . .	241
<b>J. WIDMARK</b> , Ueber Blendung der Netzhaut. (Hierzu Taf. III u. IV.) . . . . .	281
<b>EM. LINDHAGEN</b> , Ueber den Einfluss der Ausschaltung der Nervi vagi auf die Athmung beim Kaninchen. (Hierzu Taf. V u. VI.) . . . . .	296
<b>F. WESTERMARK</b> , Experimentelle Untersuchungen über die Wehenthätigkeit des menschlichen Uterus bei der physiologischen Geburt. (Hierzu Taf. VII—IX.) . . . . .	331
<b>MAGNUS BLIX</b> , Die Länge und die Spannung des Muskels. Zweite Abhandlung . . . . .	399
<b>CARL FLENSBURG</b> , Untersuchungen über die Art und das Auftreten der Albuminurie bei übrigens gesunden Personen . . . . .	410
<b>KARL PETRÉN</b> , Untersuchungen über den Lichtsinn. (Hierzu Taf. X.) . . . . .	421



# Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Myomalacia cordis.<sup>1</sup>

Von

**Rudolf Kolster**  
in Helsingfors.

---

(Aus dem pathologisch-anatomischen Institut zu Helsingfors.)

---

(Hierzu Taf. I.)

## Historische Uebersicht.

Die Myomalacia cordis, als einheitlicher Process, ist erst seit etwas mehr als einem Decennium in den Lehrbüchern der speciellen Pathologie vorzufinden. Schon lange vorher finden sich indessen Beobachtungen, welche sich darauf beziehen, wenn auch diese nur vereinzelt, ohne in Zusammenhang gebracht worden zu sein, dastehen. Das meiste ist bei Besprechung der chronischen Myocarditis zu finden, unter welchem Sammelnamen lange Zeit alles vereinigt wurde, was nach lange währenden Processen zu Bindegewebsbildung im Myocard führte. Auf manche Umstände, die hier in Betracht kommen, ist man indessen auch beim Studium anderer Veränderungen aufmerksam geworden.

Allzu alte Ahnen haben unsere Kenntnisse über die Genese der Veränderungen am Herzen, bei Krankheiten desselben, überhaupt nicht. Denn wenn auch schon bei Hippokrates einige Stellen sich finden lassen sollen, die auf die Pathologie des Herzens bezogen werden können, so kann doch vor der Zeit, die uns den Blutkreislauf erkennen liess, nur wenig werthvolles bekannt gewesen sein. Erst seitdem Harwey uns über die Circulation des Blutes belehrte, konnte sich die Lehre von dessen Veränderungen auf wissenschaftlicher Basis aufbauen. Aber trotz dieses bedeutenden Schrittes blieb der Gang unserer Erkenntniss dennoch

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 15. Dezember 1891.



lange auf demselben unvollkommenen Standpunkt, und erst das Ende des vorigen und der Anfang dieses Jahrhunderts brachte die ersten Andeutungen zu unseren jetzigen Ansichten und Eintheilungen der Herzkrankheiten.

Dieses geschah dadurch, dass die auch jetzt noch bei Beschreibung der Herzkrankheiten gebräuchlichen drei Hauptgruppen allmählich unterschieden wurden. Senac<sup>1</sup> trennte zuerst die Pericarditis ab. Darauf beschrieb Corvisart<sup>2</sup> die Myocarditis. Die Endocarditis fand in Kreysig<sup>3</sup> und Bouilland<sup>4</sup> ihre Entdecker.

Hiermit war eine festere Grundlage für die nähere Erforschung der Herzkrankheiten gewonnen. Seit dieser Zeit ist auch erfolgreich an dem Aufbau der Lehre dieser drei Hauptgruppen weiter gearbeitet worden.

Ehe ich nun zur Schilderung meiner experimentellen Beiträge über den Verlauf des myomalacischen Processes schreite, will ich eine kurze Uebersicht über den den Coronararterienerkrankungen zugeschriebenen Einfluss auf das Myocard, wie auch über die sonstigen Ursachen der Bindegewebsbildung im Herzen geben.

Schon vor dieser Zeit waren Beobachtungen gemacht, welche sich auf Veränderungen der Herzmuskulatur beziehen. So ist z. B. bei Morgagni der Uebergang des Muskelgewebes in Bindegewebe erwähnt, wie folgende bei dem Besprechen des als Ersatz des Muskelgewebes nach rheumatischen Entzündungen auftretenden Narbengewebes von Virchow<sup>5</sup> citirte Worte zeigen. Dieses soll Morgagni als „vitium carnis cordis in tendineam naturam degenerantis“ beschrieben haben.

Corvisart<sup>6</sup> widmet den Veränderungen des Myocards sehr viel Aufmerksamkeit. In den beiden Abschnitten „De l'indurcissement du tissu musculaire du coeur“ und „De la transformation du tissu musculaire en substance cartilagineuse et osseuse“ bespricht er zwei Krankengeschichten und die ausgeführten Autopsien. Die erste behandelt einen Fall von diffuser Bindegewebsbildung im Herzen. In dem zweiten Falle war die Herzspitze nebst einem Theil der vorderen Herzwand schwielig

<sup>1</sup> Praktische Abhandlung von den Krankheiten des Herzens. 1781. Aus dem Französischen übersetzt.

<sup>2</sup> Essai sur les maladies et les lésions organiques du coeur. 1818.

<sup>3</sup> Die Krankheiten des Herzens. 1815.

<sup>4</sup> Nur aus Citaten bekannt.

<sup>5</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. IV. Ueber parenchymatöse Entzündung.

<sup>6</sup> a. a. O.

entartet. In keiner der beiden ist der Beschaffenheit der Arterien Erwähnung gethan. Die Pathogenese bespricht er mit folgenden Worten: „Il paraît qu'alors le mode de nutrition du tissu musculaire a changé et qu'une matière nouvelle, déposée dans le tissu élémentaire des fibres a transformé la masse charnue en substance cartilagineuse ou osseuse.“

Im Anhang zu den genannten Abschnitten erwähnt er noch eine Beobachtung von Hauer und eine von Renaudin. Hier ist auch von einer atheromatösen Veränderung der Arterien die Rede, der Coronararterien ist aber nicht besonders gedacht.

Hasse<sup>1</sup> führt in seiner Arbeit die Ansichten von Bouillaud, Chassinat und Thurmann an, welche die Verknöcherungen und Schwielen — wie Aneurysmabildungen auf frühere entzündliche Veränderungen zurückführen. Ihm selber ist das öftere Zusammentreffen dieser Befunde mit atheromatösen Zuständen des Arteriensystemes nicht entgangen, und hat dieses ihn dazu bewogen sie als Theilerscheinungen davon aufzufassen.

Ueber den Einfluss der Sclerose der Kranzarterien auf das Herz spricht sich Cruveilhier<sup>2</sup> folgendermassen aus: Il n'est pas douteux que le rétrécissement des artères cardiaques, qui diminue dans une proportion plus ou moins grande la quantité de sang reçu par le coeur, n'exerce une influence notable sur la nutrition et sur les fonctions de cet organe; mais cette influence n'a encore pas été parfaitement déterminée; et bien qu'il n'existe pas d'exemple de gangrène partielle du coeur par incrustation calcaire des vaisseaux propres du coeur, il est évident que, si cette incrustation était portée au point d'intercepter complètement le cours du sang dans telle ou telle partie de cet organe, la gangrène en serait la conséquence inévitable. Je ne doute pas non plus que l'atrophie du coeur ne coïncide souvent avec une diminution notable dans la quantité de sang que lui fournissent les artères nourricières dont l'isolement complet ne permet pas le secours d'une circulation collatérale.“

Folgendes findet sich bei ihm über die Genese der bindegewebigen Herde im Herzen: „cette transformation est la suite de la distension, de la pression qu'éprouve toute région de cet organe lorsqu'elle vient accéder.“

Virchow<sup>3</sup> bespricht auch die Folgen der Obturation der Kranz-

<sup>1</sup> Anatomische Beschreibung der Krankheiten der Circulations- und Respirationsorgane. 1841.

<sup>2</sup> Traité d'anatomie pathologique générale. 1852.

<sup>3</sup> Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie. Bd. I. 1854.

gefäße für das Herz und zwar in ähnlicher Weise wie Cruveilhier. Er sagt: „so sehen wir nach der Verstopfung der Hirnarterien die schon von Rostan dem senilen Brand an die Seite gestellte gelbe Erweichung, nach der Verstopfung der Kranzarterien des Herzens gleichfalls eine Art von gelber Erweichung (Crell Hodgsons).“ Auch auf andere Art hat Virchow einen Einfluss auf unsere Kenntnisse von den Krankheiten des Myocards gehabt. Seine Untersuchungen über die Entzündung regten zu einem genaueren Studium der dabei gefundenen Veränderungen an. In seinen eignen Arbeiten finden sich auch schon mehrfach Punkte, welche sich auf das Herzfleisch beziehen. So gibt er<sup>1</sup> z. B. eine genaue Beschreibung der Fettmetamorphose desselben bei Erkrankungen der Kranzarterien. Im selben Bande seines Archives spricht er bei Behandlung der Entzündungen im Muskel über den Ausgang einer solchen in eine Schwielen. Auch führt er diese auf Syphilis zurück.

Aber auch von anderer Seite war schon auf die Wichtigkeit der Kranzarterienkrankungen aufmerksam gemacht worden. Quain<sup>2</sup> hatte in seinen Untersuchungen über die Fettmetamorphose des Herzens unter 33 Fällen 13 mal als Ursache die Verknöcherung der Coronararterien gefunden. Auch erwähnt er sie als Ursache der spontanen Ruptur.

Dieser Ansicht hat sich Rokitansky<sup>3</sup> angeschlossen. Er gibt auch eine Abbildung von fettig entarteten Muskelfasern bei Verschluss der Coronararterien. Auch später spricht er sich noch in demselben Sinne aus, indem er sagt: „Bei Greisen trifft sie (die Fettmetamorphose) sehr oft mit Verknöcherung und Unwegsamkeit der Coronararterien zusammen.“

Weiter auf die Entwicklung der Lehre von der Fettumwandlung des Herzfleisches einzugehen, ist wohl nicht zweckmässig, da eine Zusammenstellung der einschlägigen Literatur sich schon bei E. Wagner<sup>4</sup> findet.

Die Ursache der Entstehung der Herzschielen sieht Rokitansky in vorhergegangenen Entzündungen. Als solche ursächliche betrachtet er hauptsächlich diejenigen, welche sich durch ihren chronischen Verlauf auszeichnen. Indessen gibt er auch an, dass acute, eiterbildende Entzündungsherde durch Einkapselung und nachfolgende Resorption und Schrumpfung sich in Beziehung zu diesen Schwielen bringen lassen.

---

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv.* Bd. IV. Ernährungskrankheiten u. Krankheitsherde.

<sup>2</sup> Nach dem Referat in Schmidt's *Jahrbüchern.* Bd. LXVIII.

<sup>3</sup> *Pathologische Anatomie.* 1856.

<sup>4</sup> Die Fettmetamorphose des Herzfleisches. 1864.

Die obenerwähnten Arbeiten Virchow's, wie auch Rokitsansky's über Endarteritis, hatten das Interesse auf diese Veränderungen gelenkt.

Die kleinsten Arterien wurden bei den verschiedensten Krankheitsformen näher geprüft. So wurde ihre Bedeutung auch für viele Krankheiten erkannt und sehen z. B. Gull und Sutton<sup>1</sup> in diesem Process das eigentliche Wesen der chronischen Myocarditis, indem sie bei der manche Nierenkrankheiten begleitenden Form von einer allgemeinen Artery-capillary-fibrosy sprechen.

Eine andere Auffassung dieses Processes, der zu Schwielen führt, vertritt Köster.<sup>2</sup> In seiner Arbeit über embolische Endocarditis berührt er diesen Punkt auch. Er führt die sehnige Umwandlung, die sich oft an Papillarmuskeln findet, auf frühere Pilzembolien zurück. Auch will er diese Pathogenese für myocarditische Flecken im Herzfleisch in gewissen Fällen geltend machen. Der Process verliefte alsdann so, dass der durch die Bacterien erregten Entzündung und Erweichung eine spätere Einkapselung und Resorption folgen sollte, wie es auch Rokitsansky früher gelehrt hatte. Dieselbe Ansicht vertritt er auch noch,<sup>3</sup> obwohl in ausgedehnterer Form.

Ribbert<sup>4</sup> hat das Entstehen myocarditischer Herde durch Coccen-embolien experimentell nachgewiesen. Nach Injectionen von Culturen des *Staphylococcus pyogenes aureus* mit Kartoffelstückchen vermischt, erhielt er zahlreiche myocarditische Herde im Herzfleisch.

Parrot<sup>5</sup> erwähnt in seinem Aufsatz „Cardite“ im Dictionnaire encyclopedique den Ausgang der Herzinfarcte nach Läsion der Coronararterien in eine Schwiele, die sich nicht von der nach einer Myocarditis unterscheiden lassen soll.

Tautain<sup>6</sup> bespricht unter den Veränderungen, welche bei Atheromatose und Verschluss der Coronararterien auftreten, auch Erweichungs-herde im Herzen. Nach ihm ist der Gang der Erscheinung hierbei folgender. Die Muskulatur erscheint zuerst blass, von einem rothen Hof, der aus Leucocyten und rothen Blutkörperchen besteht, umgeben. Bald nimmt indessen die blasse Farbe ab und wird durch eine röth-

<sup>1</sup> Nur aus Citaten bekannt.

<sup>2</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXII.

<sup>3</sup> *Centralblatt f. allgem. Pathologie und pathol. Anatomie*. Bd. I. Bericht über die Verhandlungen der patholog.-anat. Section auf dem X. internationalen medicinischen Congress zu Berlin 1890.

<sup>4</sup> Fortschritte der Medicin. IV. Nach Schmidt's *Jahrbüchern* citirt.

<sup>5</sup> Nach Tautain citirt.

<sup>6</sup> De quelques Lésions des artères coronaires comm cause d'alteration du Myocarde. 1878.

liche ersetzt, und man findet im centralen Theil keine Muskelemente mehr, nur eine zerfallene fettige Masse. Zu dieser Zeit treten auch Blutextravasate auf. Die Entzündung um den Herd herum beginnt sich auszudehnen, um entweder das Pericard oder Endocard heranzuziehen. Als Resultat findet man eine bindegewebige Umhüllung der erweichten Partie, eine Verdünnung der Wand, die zur Aneurysmabildung neigt, oder auch in der Mehrzahl der Fälle die Ruptur der Herzwand.

Cohnheim stellte in seinen Vorlesungen über allgemeine Pathologie den Begriff Endarterien auf. Wenn auch dieses nur ein neuer Name für schon bekannte Thatsachen war, wie es aus dem angeführten Citat nach Cruveilhier hervorgeht, so war doch, da dieser in Beziehung zu der Lehre von den Infarcten gebracht wurde, eine Verallgemeinerung dieses Gesichtspunktes bei Betrachtungen der bindegewebigen Veränderungen des Herzfleisches gewonnen.

Kurze Zeit darauf führte Weigert<sup>1</sup> die chronischen Myocarditiden, welche sich bei der Bright'schen Nierenerkrankung finden, auf ungenügende Blutzufuhr zurück. Diese hätte ihren Grund in Verknöcherung und durch dieselbe bewirkten Verschluss der Coronararterien.

Ziegler<sup>2</sup> stellte die Veränderungen am Herzen nach Obliteration der Kranzarterien in Analogie mit der Encephalomalacie, erweitert aber diesen schon von Virchow<sup>3</sup> aufgestellten Vergleich, indem er auf die progressiven Veränderungen mit Ausgang in Bindegewebsbildung aufmerksam macht. In Uebereinstimmung hiermit nennt er diesen Process auch Myomalacia cordis. In seinem Lehrbuch der speciellen Pathologie geht er auch näher auf dieselbe ein.

Es bildet sich nach der arteriellen Anämie zuerst ein weisser Infarct, der durch Austreten von Blutkörperchen in einen Hämorrhagischen übergehen kann. Je nachdem findet man eine gelbe oder rothe Erweichung der Herdes in einem späteren Stadium. Durch die reactive Entzündung treten Rundzellen aus und schaffen das zerfallene Gewebe fort; theils wird es frei aufgelöst und resorbiert. Der Defect wird durch Narbengewebe ersetzt, wo er nicht so gross ist, dass eine Ruptur entsteht. Als Folge eines solchen Defectes kann sich auch ein partielles Aneurysma ausbilden.

<sup>1</sup> Volkmann's *Vorträge*. 162—163. Die Bright'sche Nierenerkrankung vom pathologisch-anatomischen Standpunkte.

<sup>2</sup> *Deutsches Archiv für klin. Medicin*. Bd. XXV. Ueber die Ursachen der Nierenschrumpfung nebst Bemerkungen über die Unterscheidung verschiedener Formen der Nephritis.

<sup>3</sup> a. a. O.

Weigert<sup>1</sup> macht in seiner Arbeit über Congulationsnekrose auf einen Unterschied in der Entstehung der Schwielen bei Verschluss der Kranzarterien aufmerksam. Wenn der Verschluss langsam und allmählich erfolge, degeneriren auch nur einzelne Muskelfasern, und wir haben die chronische Myocarditis. Erfolge aber der Verschluss plötzlich, so entstehe zuerst ein weisser Infarct, wo das Herzfleisch sich im Stadium der Congulationsnekrose befindet.

Huber<sup>2</sup> schildert eine Anzahl Fälle, die zur Section gekommen sind, und wo der plötzliche Tod von der Coronararterienkrankung und darnach erfolgten Veränderung des Herzmuskels abhängig gewesen sei. Die Pathogenese der Bindegewebsbildungen ist nach ihm die gleiche, wie sie schon von Ziegler dargestellt ist.

Loeb<sup>3</sup> beschreibt zwei Fälle von Ruptur des Herzens und giebt eine detailirte Schilderung des mikroskopischen Befundes. Nach ihm ist die Degeneration durch Muskelfasern mit einer gleichzeitig verlaufenden Bindegewebswucherung verbunden und von Atheromatose der Kranzarterien mit Thrombose oder Embolus abhängig. In seiner Arbeit ist indessen nichts enthalten, was auf eine Auffassung eines infarctähnlichen Stadiums während des Verlaufes im Sinne Weigert's und Ziegler's hindeutete.

Auf Beck's<sup>4</sup> Arbeit, welche eine Beschreibung mehrerer Fälle von spontaner Ruptur enthält, mag noch hingewiesen werden, besonders der darin enthaltenen bibliographischen Zusammenstellung wegen.

Weiter auf die sehr reiche casuistische Literatur der spontanen Ruptur einzugehen, ist wohl hier nicht der rechte Ort. Nur einige Beobachtungen von Neelsen<sup>5</sup> erscheinen erwähnenswerth. Nach seinen Untersuchungen entsteht die Ruptur nicht im Gebiete des weissen Infarcts. Die umgebende, durch Hämorrhagien geröthete Partie des Herzens ist der Ort, welcher zur Ruptur neigt. Die Ursache hierzu findet er in der durch Blutaustritt entstandenen Erweichung der Wand an dieser Stelle.

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXIX. Ueber die pathologischen Gerinnungsvorgänge.

<sup>2</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXXIX. Ueber den Einfluss der Kranzarterienkrankungen auf das Herz und die chronische Myocarditis.

<sup>3</sup> Ueber partielle erweichende Myocarditis (Malacia cordis). 1880.

<sup>4</sup> Zur Kenntniss der Entstehung der Herzruptur und des chronischen Herzaneurysma. 1886.

<sup>5</sup> E. Wagner's *Festschrift*. Ueber die spontane Ruptur des Herzens durch Verschluss der Coronararterien und hämorrhagische Infarcte des Herzens; nebst Bemerkungen über deren Genese. Nach Schmidt's *Jahrbüchern* citirt.

Die hyperthrophische sclerotische Myocardites von Rigal und Juhel-Renoy<sup>1</sup> wird von diesen auf entzündliche Veränderungen der feinsten Arterien zurückgeführt ohne Atheromatose der Kranzarterien. Als ihre Folge tritt eine diffuse Bindegewebsbildung im Herzen, ähnlich wie bei Cirrhose der Leber in dieser, auf. Die Ursache hierzu soll in gewissen Noxen wie Alkohol und möglicherweise auch Tabak gesucht werden können.

Robin und Juhel-Renoy<sup>2</sup> beschreiben zwei Fälle von Kalk-incrustationen des Herzens. Die Sclerose der Coronararterien hatte zur Bindegewebsbildung geführt, und in die fertige Schwiele hatten sich alsdann Kalkconcremente abgelagert.

Auch Huchard und Weber<sup>3</sup> sehen die Ursache der Bindegewebsbildung in Entzündungen der feinen Arterien bei Sclerose der Coronararterien. Im Verlaufe des Processes unterscheiden sie hierbei folgende drei Formen:

1. Sclerose dystrophique. Auf Grund primärer obliterirender Endarteritis werden secundäre Ernährungsstörungen mit Schwund und Ersatz der Muskelbündel hervorgerufen.

2. Sclerose inflammatoire. Hier ist die Periarteriitis das primäre. Die Bindegewebsbildung schreitet gegen die Peripherie des Ernährungsgebietes vor.

3. Combination der beiden vorigen.

Sternberg<sup>4</sup> hat bei seiner Inaugural-Dissertation Versuche über die Verbreitungsbezirke der beiden Coronararterien ausgeführt. Da indessen hier nicht die Bezirke der feineren Aeste angegeben sind, sondern nur der Gesamtbezirk der Arterien, so sind diese Versuche für die detaillirte Pathologie des Herzens von mehr nebensächlichem Werth.

Die von ihm näher beschriebenen und untersuchten Fälle von Myocarditiden führt er auf ischämische Erweichung zurück.

Von mehr Interesse ist eine neuere Arbeit Huchard's<sup>5</sup>, in der er seine langjährigen Studien auf dem Gebiete der Herz- und Gefäßkrankheiten zusammengefasst hat. Er hat sich hier der Ansicht von

<sup>1</sup> *Archiv générales* 1881. De la myocardite sclereuse hypertrophique.

<sup>2</sup> *Archiv générales*. 1885. De la dégénérescence calcaire du coeur.

<sup>3</sup> *Gaz. hebdom.* 1887. Contribution à l'étude d'anatomo-pathologique de la sclérose du myocarde consécutive à la sclérose coronaire. Nach Schmidt's *Jahrbüchern* citirt.

<sup>4</sup> Ueber Erkrankungen des Herzmuskels im Anschluss an Störungen des Coronararterien-Kreislaufes. 1888.

<sup>5</sup> *Maladies du coeur et des vaisseaux.* 1889.

Gull und Sutton, als deren ersten Vertreter er Lanceraux ansieht, angeschlossen. Nach ihm spielen bei den myocarditischen Processen, wo sclerosirte und obliterirte Kranzarterien vorhanden sind, die entzündlichen Veränderungen der Capillaren die Hauptrolle. In Folge dieser, wobei er die obenangeführte Eintheilung des Processes aufrecht erhält, tritt allerdings eine Ischämie ein, die allmählich zum Untergang der Muskelfasern und zu einem bindegewebsförmigen Ersatz führt. Eine Malacie im Ziegler'schen Sinne bespricht er nicht oder genauer, erkennt er nicht an.

Von mehreren Autoren ist auch auf das Vorhandensein degenerativer Veränderungen an den Herzganglien bei chronischen Erkrankungen aufmerksam gemacht worden. So bespricht z. B. Putjatin<sup>1</sup> sclerosirende Processe an den Herzganglien.

In Bezug auf den möglichen ursächlichen Einfluss einer Läsion des Nervensystems sind auch experimentelle Versuche vorgenommen. Nachdem es durch Versuche an Tauben bekannt war, dass nach einer Durchschneidung des Vagus eine trophische Störung im Herzmuskel auftrate, stellte Fantino<sup>2</sup> solche Versuche an Kaninchen an. Er durchschnitt hier die Nn. extracardiaci des Vagus und erzeugte so eine trophische Störung im Myocard, welche ihren Ausgang in eine Bindegewebsbildung nahm.

Neuerdings fasste Weigert<sup>3</sup> seine Ansicht über die Ursachen der chronischen Myocarditis, welche zu einer Schwielen führen, in folgenden drei Punkten zusammen:

1. Sclerose und Verschluss der Kranzarterien.
2. Einwirkungen fermentativer Stoffe und anderer Chemikalien vermittelst Capillarembolie.
3. Hochgradige Dehnungen.

Klinischerseits sind die Veränderungen der Coronararterien und die hiervon abhängigen Störungen besonders in neuerer Zeit vielfach gewürdigt worden, indessen stehen diese Angaben vorliegender Arbeit allzufern, als dass auf dieselben näher eingegangen werden kann. Es mag Erwähnung finden, dass Störungen im Coronararterienkreislauf als eine der Hauptursache der Angina pectoris gehalten werden.

<sup>1</sup> Virchow's Archiv. Bd. LXXIV. Ueber die pathologischen Veränderungen der automatischen Nervenganglien bei chronischen Herzkrankheiten.

<sup>2</sup> Centralblatt für die medicinisch. Wissenschaften. Bd. XXVI. Ueber die Veränderungen des Myocardiums in Folge von Durchschneidung der Nn. extracardiaci.

<sup>3</sup> Centralblatt f. allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie. Bd. I. Bericht über die Verhandlungen d. pathol.-anat. Section auf d. X. internationalen medicinischen Congress zu Berlin 1890.



Aus dieser Uebersicht geht hervor, dass man nach unsern jetzigen Kenntnissen eine fettige Entartung der Muskelfasern oder eine Erweichung der Muskulatur mit Ausgang, im günstigsten Falle, in Bindegewebsbildung, als Folgen der Sclerose der Kranzarterien hält.

Sieht man von fortgeleiteten Entzündungen ab, welche als Ursache eine Alteration des Endocards oder der Pericards haben, wie auch von der Vernarbung gummöser Bildungen, so findet man, dass die Entstehung von Bindegewebsbildung auf folgende Ursachen zurückgeführt werden:

1. Eine allgemeine Aenderung des Gefässsystems, besonders an den feinen Gefässen, in Folge verschiedener Noxen, die in verschiedenen Organen, je nach der zufälligen Localisation, zum Auftreten von Bindegewebe und zum Schwund der specifischen Elemente führt.

2. Embolische Pfröpfe von Infectionserregern, welche eine Entzündung in der Umgegend veranlassen und nach Einkapselung resorbirt werden.

3. Verschluss eines Astes einer Coronararterie, der dann, je nach seiner Bedeutung, in Folge re- und progresiver Vorgänge als Resultat, eine Schwielenbildung hat oder auch mit Ruptur endet.

4. Veränderungen der nervösen Gebilde mit nachfolgenden trophischen Störungen und reparatorischen Vorgängen.

5. Hochgradige Dehnungen.

Vorliegende Arbeit soll einen experimentellen Beitrag zur Erforschung der Vorgänge, wie diese nach der in Punkt 3 angeführten Ursache im Herzen auftreten, liefern.

---

### Untersuchungsmethode.

Als ich an das Studium des myomalacischen Processes herantrat, galt es, einen sicheren Verschluss eines Astes einer Coronararterie zu bewerkstelligen, um so eine localisirte Erweichung am Herzen hervorzurufen. Da es aber hauptsächlich darauf ankam, dieses so zu bewirken, dass das Versuchsthier am Leben bliebe, so waren verschiedene Schwierigkeiten hierbei zu überwinden. Wie ein solcher Verschluss auch ausgeführt werden mochte, so konnte jedenfalls ein für das genaue Stadium der Myomalacie wichtiges Moment nicht mit eingeführt werden. Es ist dieses das allmähliche Verengern des Lumens der Arterien, welches durch die Sclerose am menschlichen Herzen hervorgerufen wird. Mittel, eine solche allmähliche Verengung experimentell zu Stande zu bringen, waren mir nicht bekannt. Hiervon musste also von vornherein abgesehen werden. Indessen kommt

es bei Atheromatose der Arterien oft genug vor, dass ein frischer Embolus oder Trombus das Lumen plötzlich absperirt. Diesem Endresultat eine experimentelle Nachahmung zur Seite zu stellen, war hingegen möglich, da bei diesem Vorgang das Hauptmoment die Blutabspernung ist.

Experimentelle Versuche, die Blutzufuhr zu den Kranzarterien zu verlegen, sind schon früher gemacht worden. Panum<sup>1</sup> stellte solche in der Weise an, dass er eine aus Talg, Wachs und Kienruss bestehende Masse in dieselben einspritzte.

Bezold und Erichsen<sup>2</sup> haben die Kranzarterien im Winkel zwischen Bulbus aortae und Herzkammer unterbunden und so den Einfluss der Blutsperrre auf die Herzbewegung an Kaninchen studirt.

Samuelson und Grünhagen<sup>3</sup> haben diese Versuche später wieder aufgenommen und zwar in folgender Weise: Nach vorsichtiger Zurschiebung der Pulmonalis und des Zipfels des linken Vorhofs kamen sie zur Arteria coronaris sinistra, comprimirten dieselbe mit an der Spitze abgerundeten Fricke'schen Schieberpincetten 30—40 Minuten lang und unterhielten während dieser Zeit bei dem curarisirten Thiere die künstliche Athmung.

Cohnheim und v. Schultess-Rechberg<sup>4</sup> benutzten zu ähnlichen Experimenten grössere Thiere — Hunde. Sie wandten bei ihren Versuchen die Ligatur grösserer Aeste der Kranzarterien an.

Cohn<sup>5</sup> bediente sich bei seinen Untersuchungen über Embolie Injectionen verschiedener Massen.

Von diesen Methoden konnte nur die Ligatur benutzt werden und zwar aus dem Grunde, weil es mir nur hiermit möglich erschien, einen hinreichend sicheren Verschluss zu erhalten, ohne doch die Lebensfähigkeit des Thieres ganz in Frage zu stellen. Was speciell die von Cohn benutzte Methode betrifft, so konnte diese die Bedingungen erfüllen, aber derselben haftete eine Unsicherheit an, die mir nicht erwünscht war.

In der Anordnung, wie die Ligatur von den genannten Experimentatoren benutzt worden war, führt diese zum Tode des Thieres und wäre auch ein allzu grosses Gebiet ischämisch geworden. Daher wurde diese

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. XXV.

<sup>2</sup> Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg. 1867. Citirt nach Windler, *Sclerose der Coronararterien u. Angina pectoris*. 1888.

<sup>3</sup> *Centralblatt für med. Wissenschaften*. 1880. Ueber den Einfluss der Kranzarterienverschiessung auf die Herzthätigkeit, citirt nach Windler.

<sup>4</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXXV. Ueber die Folgen der Kranzarterienverschiessung für das Herz.

<sup>5</sup> Klinik der Gefässkrankheiten. 1860.

Ligatur in Form einer Umstechung ausgeführt und diese nur an einem kleinen Gefäss vorgenommen.

Ein Punkt von Bedeutung war auch der Ort, wo diese stattfinden sollte. Nach den meisten Beschreibungen über bindegewebige Herde im Herzen scheint der linke Ventrikel von denselben bevorzugt zu werden und speciell die Herzspitze. Bei den erwähnten Versuchsthieren — Hunden — ging hier gerade ein kleiner Ast vom Ramus descendens der linken Coronararterie ab und lag es daher nahe, da dieser auch leicht zu erreichen war, diesen zu den Versuchen zu wählen.

Hunde zu diesen Versuchen auszusehen, war aus mehreren Gründen vorthellhaft. Nach Cohnheim<sup>1</sup> sind die Kranzarterien derselben Endarterien, wie es in gleicher Weise auch die Coronarien des menschlichen Herzens sind. Weiter ist das Pericard derselben so dünn, dass durch dasselbe hindurch auch ganz feine Verästelungen der Coronararterien gesehen werden können und es hierdurch möglich wird, die Umstechung derselben ohne weitere Eröffnung des Herzbeutels auszuführen.

Die Unterbindung wurde nun folgendermassen bewerkstelligt. Nach intravenöser Injection einer zur Narcose hinreichenden Menge Chloral, wurde der Thoraxraum durch Resection zweier oder auch nur eines Rippenknorpels so weit geöffnet, dass die vordere Ventrikelwand nebst Herzspitze frei vorlag. Hierauf wurde die oben erwähnte kleine Arterie aufgesucht und diese mit feinstem Catgut umstochen. Die Wunde in der Brustwand wurde anfangs mit Etagesuturen vernäht, später indessen mit die ganze Wand umfassenden Knopfnähten geschlossen. Bei der Ausführung dieser Operation wurde natürlicher Weise möglichst anti- und aseptisch vorgegangen. Zur Untersuchung sind auch nur die Herzen solcher Versuchsthier gelangt, bei denen die Brustwunde per primam heilte und bei welchen eine irgendwie infectiöse Einwirkung auf das Herz vollkommen ausgeschlossen war.

Allerdings ist hier noch ein Punkt bei dieser Operationsart zu beachten. Durch diese, durch das Pericard gehende Unterbindung wurden die beiden Blätter des Herzbeutels an einander gebracht und konnte dadurch eine adhäsive Entzündung hervorgerufen werden.

Diese konnte auf die Reinheit der Versuchsergebnisse einwirken. Indessen entstand eine solche adhäsive Entzündung nicht in allen Fällen. In den übrigen, wo die beiden pericardialen Blätter getrennt waren, muss die Veranlassung zu einem besonders günstigen Verlauf in einer ungewöhnlich leichten Resorbirbarkeit des Catguts gesucht werden. Bei

---

<sup>1</sup> a. a. O.

den von mir ausgeführten Unterbindungen zeigte es sich jedoch, dass der gewählte Ast hauptsächlich in den dem Endocard näheren Schichten sein Verbreitungsgebiet hatte, und dass eine relativ breite, unalterirte Schicht zwischen den degenerirten Partien und dem Pericard, wo die Blätter adhärent waren, vorhanden war. Diese Partie bezog also ihr Blut aus einem anderen Gefäss und darf man wohl deshalb annehmen, dass diese adhäsive Endzündung die in der Nähe des Endocard sich abspielenden Vorgänge, wenn überhaupt, so doch nur höchst unbedeutend beeinflusst hat.

Im Anschluss an die Beschreibung der Methode mögen noch einige Umstände, die dabei beobachtet wurden, Erwähnung finden. In den meisten Fällen fiel die Lunge nach der Eröffnung des Pleuraraumes nicht zusammen, sondern drängte sich durch die gemachte Oeffnung nach aussen durch und musste, um die Umstechung zu ermöglichen, zurückgezwängt werden. Als erste Folge der Umstechung trat eine zitternde Bewegung des lädirten Ventrikels auf, die oft zur Aussetzung mehrerer Schläge führte, bisweilen auch das Herz ganz stillstehen liess. Dieser Stillstand war zuweilen von so langer Dauer, dass öfter die Gefahr vorzuliegen schien, der ganze Versuch würde durch den Tod des Thieres vereitelt werden. In Folge einer mechanischen Reizung liessen sich jedoch, wo nicht andere Zufälle zugetreten waren, wie z. B. Durchstechung der Herzwand, wieder normale Contractionen hervorrufen. Wie wenig dieser Process auf das sonstige Verhalten hier einwirkte, lässt sich daraus beurtheilen, dass gerade bei dem Hunde, der am längsten am Leben gelassen wurde, ein solcher nach mechanischer Reizung vorübergehender Stillstand eingetreten war.

Die Versuchsthiere, welche die Operation bestanden, wurden verschieden lange Zeit am Leben gelassen, so dass mir schliesslich Versuchsobjecte von einem Alter nach der Operation von einem, zwei und vier Tagen, einer, zwei, drei, vier, fünf und sieben Wochen, zwei Monaten, einem Jahr und fünf Monaten zu Gebote gestanden haben. Als Fixations- und Härtingsflüssigkeiten wurden Chromsäure, Alkohol und Flemming'sches Chrom-osmium-Essigsäuregemisch benutzt. Ausserdem wurden in mehreren Fällen mit dem Gefriermikrotom angefertigte Schnitte des frischen Präparates oder solcher, die höchstens einen Tag der Einwirkung des Alkohols ausgesetzt gewesen waren, untersucht. Für Anfertigung der Schnitte von den gehärteten Stücken wurde Celloidineinbettung benutzt. Die bei jedem Präparat zur Anwendung gekommene Fixationsflüssigkeit, so wie auch die bei denselben benutzten Färbungsmittel und Reagentien, sind bei Beschreibung des Präparates jedesmal besonders erwähnt.

## Beschreibung der Präparate.<sup>1</sup>

### I.

Hund, 24 Stunden nach der Ligatur getödtet. Härtung in Alkohol und Chromsäure.<sup>2</sup> Färbung mit Hämotoxylin, Alauncarmin, Bismarckbraun, Gentianaviolett und Ammoncarmin.

Makroskopisch ist ausser der bei der Umstechung gesetzten Wunde nichts zu finden.

An Uebersichtspräparaten, bei sowohl Kern- wie diffuser Färbung, findet sich die ganze Herzwand von hellen, verschieden grossen, nur die von der Chromsäure gegebene gelbliche Farbe zeigenden Flecken durchsetzt. Die Form derselben ist unregelmässig und verschieden. Die Consistenz der grösseren ist auffallend mürbe, da trotz sorgsamster Celloidineinbettung die grossen Herde vielfach sich nicht in Continuität mit dem übrigen Schnitte erhalten liessen sondern herausbröckelten.

Die Prüfung mit stärkerer Vergrösserung lässt folgendes erkennen. Die gelblichen Flecken bestehen aus Muskelgewebe, welches sich durch jegliches Fehlen einer Kern- oder diffusen Färbung stark von dem Uebrigen abhebt. Hin und wieder finden sich jedoch in den grösseren einzelne Kerne, die Farbstoff aufgenommen haben. Durch Form und Lage lassen diese sich jedoch als zum interstitiellen Bindegewebe gehörend erkennen. Doch auch die Muskelkerne der untingirten Theile

<sup>1</sup> Bei Experimenten, welche in der von mir angegebenen Weise ausgeführt werden, ist es unmöglich, stets ganz genau denselben Punkt des Blutgefässes bei der Unterbindung zu treffen. Der von diesem Umstand ausgeübte Einfluss auf den mikroskopischen Befund lässt sich leicht verstehen. Ausser der nicht ganz gleichen Vertheilung der feinen Verzweigungen der Blutgefässe in zwei verschiedenen Herzen kann hierbei noch der vor oder hinter die Ligatur fallende Abgang eines Gefässzweiges auf die Grösse der degenerirenden Muskelpartie einwirken. Aus diesem folgt, dass die Herde nicht stets ganz die gleichen Veränderungen in demselben Präparat aufzuweisen haben. So finden sich an kleinen Herden der zweiten Woche einzelne Veränderungen, die im Allgemeinen erst in der dritten Woche auftreten. Diese Uebergangsstadien sind nicht besonders in den Beschreibungen der Präparate erwähnt, um diese nicht allzusehr auszudehnen. Im folgenden Abschnitt wo die hier gegebenen Beschreibungen zusammengestellt werden, ist jedoch selbstverständlich der Vorthell, den diese Uebergänge für die Beurtheilung des Ganzen bieten, benutzt worden.

<sup>2</sup> Im Gegensatz zu dem Verhalten in späteren Stadien war die Alkoholhärtung hier nicht gut gelungen. Die Befunde waren bei beiden Verfahren übereinstimmend; speciell traten die nekrotischen Partien auch an Alkoholpräparaten durch Nichtannahme der Tinctionsmittel hervor.

lassen sich noch bisweilen als durchscheinende, bläschenförmige Körper in den Querschnitten erkennen; stellenweise ist ihr Platz von einer Anhäufung feiner Körner eingenommen.

Einzelne Kerne in der Nachbarschaft der untingirten Flecken sind etwas blasser als normal gefärbt und vielleicht etwas grösser als die Uebrigen, andere wieder dunkler und kleiner. (Die für die Abbildung gewählte Vergrößerung liess diese feinen Differenzen nicht scharf genug für das Zeichnen hervortreten.)

Der Ausdehnung nach sind die hellen Flecken sehr verschieden. Bisweilen kann eine ganze Lamelle verändert sein, öfters indessen ist sie es nur theilweise. Meistens sind an einander liegende Theile verschiedener Muskelbündel ohne Kerne. Wo feine Gefässe verlaufen, sind oft nur die angrenzenden Primitivbündel untingirt. Jedoch kann auch nur ein einzelnes Primitivbündel in einem Bündel derselben verändert sein. An längs getroffenen Muskelbündeln finden sich der beschriebenen Grösse entsprechende, kernlose Partien. Hier ist auch noch zu erwähnen, dass diese gelblichen Flecke mehrfach an ein und derselben Muskelfaser sich vorfinden, während die zwischenliegenden Strecken normale Kerntinction zeigen.

An den Querschnitten zeigen die untingirten Flecken eine grobe Körnelung, als ob sie aus glänzenden Körpern zusammengesetzt wären. Dieses lässt sie leicht von der tingirten Partie unterscheiden, besonders dort, wo der Schnitt die Muskelbündel nicht rein quer, sondern etwas schräg getroffen hat. Hier zeigen die kernhaltigen eine feine Strichelung, durch welche sie von den kernlosen sich leicht unterscheiden lassen. Mit diesem Mittel können die einzelnen normalen Fasern, wo der Kern zufällig durch den Schnitt entfernt ist, von den einzelnen, wo er untergegangen ist, unterschieden werden. Die Contur der kernlosen Fasern ist im Querschnitt nicht so scharf wie an den kernhaltigen, sondern unbestimmt; manchmal bietet sie sogar ein angefressenes Aussehen dar.

Die Querstreifung der Muskelfasern sowohl dort, wo durch die Tinction Kerne nachgewiesen sind, wie auch dort, wo sie nicht mehr zu finden sind, ist sehr wenig ausgesprochen. Ein Unterschied in dieser Beziehung lässt sich nicht nachweisen.

(Hierzu Taf. I, Fig. 1.)

## II.

Nach zweitägiger Dauer der Ligatur getödteter Hund. Fixirung in Flemming'scher Flüssigkeit mit Nachhärtung in Spiritus von steigender Concentration. Safraninfärbung.

Diese Präparate zeigen an den von der Umstechung ischämisch gemachten Partien keine Kerne mehr. In den normalen, von den genannten Stellen entfernteren Theilen sind die Kerne beinahe alle entfärbt. Hin und wieder findet sich einer, der noch eine etwas stärkere Tinction zeigt.

Das Grenzgebiet der ischämischen Partien und der sie umgebenden, von der Blutsperrre nicht betroffenen Muskulatur bietet ein anderes Aussehen dar. Hier finden sich Kerne, welche den Farbstoff in allen Schattirungen angenommen und bei der Entfärbung behalten haben. In demselben Masse tritt hier auch eine ausgesprochenere Structur derselben hervor. Mitosen sind recht zahlreich nachzuweisen. Diese liegen zum Theil innerhalb der Muskelfasern und sind dann oft von einem hellen Hof umgeben. Man findet hier die verschiedenen Phasen derselben vertreten. In der Adventitia der Gefässe finden sich einzelne Kerntheilungen, obwohl nicht so reichlich wie an den wahren Muskelkernen. Doch sind solche auch in dem Bindegewebe, welches die einzelnen Muskelbündel umgiebt, aufzufinden. Im Endothel der Gefässe waren chromatinreiche Kerne, jedoch keine deutliche karyokinetische Figur, sichtbar.

Die Muskelfasern dieser Zone zeigen im Querschnitt eine feine, schwarze Körnelung. Diese ist in den Fällen, wo der Kern eine stärkere Färbung angenommen hat, in Form eines Kranzes feiner, schwarzer Körner um diesen herum zu finden. Manchmal findet man auch die Mitte eines Primitivbündels von einem hellen, vacuolenartigen Raum eingenommen, der dann von diesem Kranze von Punkten umsäumt ist und an längsgetroffenen Muskelfasern eine diesem Kranze entsprechende feine Strichelung. Der helle Hof um die Mitosen herum wechselt hier seine Form je nach der Phase. So bildet derselbe einen runden oder länglichen Kranz oder auch bei weiter vorgeschrittener Theilung eine Acht, durch welche das Muskelparenchym wie auseinander gedrängt erscheint.

### III.

Am vierten Tage nach der Unterbindung getödteter Hund. Härtung und Färbung wie in Fall II.

Ausser zahlreicheren Mitosen in allen Geweben nichts von Fall II besonders abweichendes.

(Hierzu Taf. I, Fig. 2.)

### IV.

Zwei Hunde, welche eine Woche nach der Ligatur getödtet wurden, dienten zum Erforschen der eingetretenen Veränderungen. Das

Herz des einen wurde in Alkohol gehärtet. Das des anderen wurde in dünne Scheiben zerschnitten und in Flemming'sche Flüssigkeit gebracht und nach Auswaschen in Alkohol allmählich nachgehärtet. Im ersteren Falle Tinction mit Hämatoxylin, Alauncarmin, Bismarckbraun, Gentianaviolett und Ammoncarmin, im letzteren Safraninfärbung.

Makroskopisch erscheint an dem in Alkohol gehärteten Herzen ein grösserer, gelblich weisser Fleck sichtbar, der sich durch seine Farbe scharf von dem übrigen rothbraunen Herzfleische abhebt. Sehr deutlich tritt dieses an der endocardialen Seite hervor. Hier findet sich ausserdem etwas'geronnenes Blut aufgelagert.

Die mikroskopische Untersuchung dieses Herzens ergiebt folgendes Die Herzwand ist von zerstreut liegenden Flecken verschiedener Grösse durchsetzt, welche durch normales Muskelgewebe getrennt sind selber aber verschiedene Bestandtheile aufzuweisen haben.

Helle, glänzende, aus Glasschollen ähnlichen bisweilen auch an Bläschen erinnernden Körpern zusammengesetzte Massen bilden das Centrum der Flecken. Diese zeigen an untingirten Glycerinpräparaten eine deutliche, schwärzliche, feine Körnelung, welche an den in Balsam eingelegten Präparaten nicht merkbar geringer geworden ist. Zusatz von Essigsäure zu nur kurze Zeit (keine 24 Stunden) mit Alkohol behandelten, also noch mehr frischen Schnitten hellt diese Flecken völlig auf; Behandlung mit Aether wirkt nicht sichtbar auf sie ein. Gegen verschiedene Tinctionsmittel ist ihr Verhalten verschieden. Bismarckbraun, Gentianaviolett und ammoniakalische Carminlösung färben sie nicht. Hämatoxylin tingirt die Schollen intensiver als die Kerne; Alauncarmin giebt ihnen eine rothviolette, leichte Färbung. Die einzelnen Schollen oder, in den Querschnitten, Bläschen entsprechen Lage und Anordnung nach je einem Primitivbündel, sind jedoch im Allgemeinen etwas breiter als diese im normalen Zustande. An Längsschnitten bilden die Schollen oft die directe Fortsetzung einer (scheinbar) unveränderten Faser. Hier ist es deutlich zu sehen, wie nur kleine Bruchstücke von einzelnen Muskelfasern oder Bündeln diese Schollen bilden, während die beiderseitige Fortsetzung keine derartige Veränderung aufweist.

Diese eben erwähnten schollen- oder bläschenförmigen Gebilde sind meistens von einer verschieden mächtigen Schicht blauviolett tingirten Gewebes umgeben (Alauncarminpräparate). Dieses verbindet sie stellenweise und erstreckt sich in solchen Fällen mehr oder weniger regelmässig über ganze Muskelbündel. An anderen Orten bildet es hingegen auch nur einen halben Hof um die Bröckel herum, der dann durch normales Gewebe vom nächstliegenden getrennt ist.



Bei Auflösung dieser blavioletten Partien mit stärkerer Vergrößerung tritt es deutlich hervor, dass sie ihre Farbe hauptsächlich einer starken Anhäufung von gut tingierten Kernen verdanken. Diese haben beinahe ausschliesslich eine länglich ovale Form. Sehr spärlich, jedoch auch vorhanden, sind Rundzellen. Je nach der Intensität der blavioletten Umgebung findet sich die Anzahl der Kerne von wenigen bis zu Massen wechselnd. Anilinfarben, wie Bismarckbraun und Gentianaviolett zeigen alsdann einen Unterschied in der Tinction. Wo Massen Kerne vorhanden, sind diese oft schwächer tingirt, als dort wo nur wenige sich finden.

Die Kernmassen liegen reihenweise geordnet und eine mittelstarke Vergrößerung lässt deutlich erkennen, dass dieses daher kommt, dass sie in den Primitivbündeln liegen, diese sozusagen ausfüllen. Eine starke Vergrößerung zeigt das zwischenliegende Gewebe in Form einer amorphen oder körnig-faserigen Masse ohne jegliche Querstreifung. Das Ende der nicht von Kernen erfüllten Muskelfasern zeigt gegen die Anhäufung derselben hingerichtet eine feinfaserige Auflösung, die sich gegen die normalen Theile hin eine Strecke als feine schwarze Strichelung fortsetzt, um allmählich mit dem Auftreten der Querstreifung zu verschwinden.

Einzelne kleinere Hämorrhagien finden sich in der Umgebung der veränderten Partie.

Die Osmium-Chrom-Essigsäure-Präparate ergaben folgende feinere Details.

Die reichliche Kernmasse in der den degenerirten Fibern anliegenden Zone haben alle Schattirungen von blasser bis zu starker Tinction aufzuweisen. An normalen Stellen, entfernt von obiger Zone, finden sich meist ganz blasse Kerne, jedoch hin und wieder ganz vereinzelte Mitosen der Muskelkerne, wenn auch diese sehr spärlich vertreten sind. Die Grenzzone indessen ist Sitz zahlreicher Kerne, deren Structur auf eine beginnende oder schon abgelaufene Kerntheilung hinweist. Indessen lassen sich auch noch reichlich wirkliche Kerntheilungen nachweisen. Diese betreffen hier in den meisten Fällen Muskelkerne; wenigstens deutet die Lage und die umgebende Substanz noch auf frühere Muskelfasern hin. Zur Sicherheit hierüber kann man indessen nur dadurch kommen, dass verschieden weit vorgeschrittene Veränderungen der Muskelsubstanz sich auffinden lassen.

Von den Gefässen sieht man oft Ausläufer ausgehen, welche sich verzweigen. An den Theilungsstellen liegt dann öfters auch ein recht stark tingirter Kern oder weist dieser eine karyokinetische Figur auf.

Auch im Endothel kleiner Gefässe finden sich neben chromatinreichen Kernen einzelne Mitosen.

An manchen Stellen sieht man auch mehrere grosse Kerne ohne unterscheidbare zugehörnde Zellen an einander gelagert, sich theilweise deckend, in Querschnitten der Muskeln liegen. Die Zahl derselben wie auch ihre Tinction ist wechselnd. Von 2 und 3 sind bis zu 12 und mehr vorgefunden. Die Substanz, in welcher sie liegen, ist die der degenerirenden Muskelmassen. Feine Spalten strecken sich von aussen ein Stück in sie hinein. Oft sind sie auch von einer Lage Bindegewebe umfasst wie die unveränderten Querschnitte von Muskelbündeln. An längsgetroffenen Primitivbündeln ist das Muskelparenchym in um die Kerne liegende, eckige Stücke zerfallen.

Das an einzelnen Stellen etwas reichlichere Bindegewebe weist auch Kerntheilungen in etwas grösserer Anzahl als in Fall II und III auf. Die meisten derselben liegen in dem die Gefässe umgebenden Gewebe, vereinzelt auch zwischen den Primitivbündeln.

Ein heller Hof umgibt in den meisten Fällen die Kerntheilungen; stellenweise sieht man auch vacuolenartige Bildungen in den Primitivbündeln.

Rundzellen sind sehr selten. Extravasirte Blutkörperchen finden sich öfter.

(Hierzu Taf. I, Figg. 3, 4, 5 und 6.)

## V.

Hund, zwei Wochen nach der Unterbindung getödtet. Alkoholhärtung, Färbung mit Hämatoxylin, Alauncarmin, wässriger Fuchsinlösung und Ammoncarmin.

Hier ist makroskopisch auf der Innenfläche des Herzens eine trombenartige Auflagerung und darunter ein weisslicher Flecken sichtbar. Auf Querschnitten der Herzwand findet man weisse, undurchsichtige und unregelmässige, kleine Punkte, die sich von dem normalen Muskel gut unterscheiden lassen. Das Pericard ist in geringer Ausdehnung mit dem Muskel verwachsen.

An Uebersichtspräparaten zeigt sich die unterbundene Partie folgendermassen. Die schollen- oder bläschenartigen Muskelbrocken liegen inmitten eines hellen, durchsichtigen Gewebes, das nur hin und wieder einen dunkleren Ton zeigt. Diese durchsichtigeren Theile stehen vielerorts in Verbindung mit einander, sodass sie ein Maschenwerk bilden, dessen Lücken von normalem Muskelgewebe erfüllt sind. Indessen ist es andernorts aber umgekehrt der Fall, indem die hellen Flecken von normalem Gewebe umgrenzt sind.

Geht man auf eine genaue Prüfung dieser Flecken ein, so findet sich folgendes. Diese schollenartigen Gebilde liegen meistens zerstreut inmitten, oft aber auch seitlich, an den erwähnten hellen Flecken. Diese bestehen aus in verschiedener Zahl aneinander gelagerten, langgestreckten Körpern, deren Conturen rauh erscheinen. Die Breite der einzelnen wechselt; meistens sind sie jedoch schmaler als die Muskelfasern, deren Fortsetzung sie bilden. In Lage und Anordnung entsprechen sie ganzen oder auch nur Theilen von Muskelbündeln. Zusatz von Essigsäure hellt sie auf; Aetherbehandlung der frischen Schnitte wirkt nicht sichtbar auf dieselben ein. Die körnige Trübung, welche sie an frischen untingirten Präparaten zeigen, ist auch an Damarpräparaten nicht verschwunden. Von Anilinfarben und Ammoncarmin nehmen sie keinen Farbstoff auf, sondern erscheinen glänzend ungetarbt, einem aufthauenden Eisstücke ähnlich. Hämatoxylin hingegen tingirt sie scharf, sodass sie schon makroskopisch hervortreten, ebenso, wenn auch geringer, Alauncarmin.

Die Umgebung dieser Schollen bietet stellenweise eine bedeutende Kernanhäufung im Vergleich zu normalen Stellen dar, jedoch geringer ausgesprochen als in Fall IV. Diese liegt dann in einer Zwischensubstanz die theils amorph, theils faserig erscheint. Die amorphe Zwischensubstanz lässt bisweilen ihren Ursprung aus untergegangenen Muskelfasern durch Farbenton und Anordnung erkennen. An anderen Stellen sind diese Schollen von einem nur leicht tingirten, aus feinen, welligen Fasern bestehenden Gewebe umgeben. In diesem finden sich langgestreckte und ovale Kerne. Ausser diesen beiden Hauptformen finden sich auch solche, die eine Einkerbung zeigen oder andere Unregelmässigkeiten in ihrer Contur; auch ganz kleine Kerne sind vorhanden. Gewöhnlich sind diese alle blasser tingirt. Hin und wieder streckt sich eine quer abgebrochene einzelne Muskelfaser ein Ende in dieses faserige Gewebe hinein. An dieser findet sich dann öfters die Querstreifung erhalten; eine feine fibrilläre Längsstreifung und entsprechende Zersplitterung des Endes weisen diese auch oft auf.

Vielfach findet man feine Blutgefässe in dem faserigen Gewebe. Hämorrhagien oder Reste derselben sind spärlich enthalten.

(Hierzu Taf. I, Fig. 7.)

## VI.

Hund, drei Wochen nach der Umstechung getödtet. Alkoholhärtung. Färbung mit Hämatoxylin und Eosin oder mit Bismarckbraun.

Makroskopisch ist ausser einem weisslichen Fleck am Endocard und thrombotischen Auflagerungen nichts weiter sichtbar. Auf dem

Querschnitt durch die Muskelwand findet man, dass eine gelbliche Stelle, dem Flecken des Endocards entsprechend, hier sichtbar ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt im Bereiche der Flecken im Muskelfleisch folgenden Befund. Schollen- oder bröckelähnliche Gebilde, die bei Zusatz von Essigsäure verschwinden, bei Behandlung mit Aether sich nicht sichtbar verändern. Diese liegen unregelmässig zerstreut und umfassen stets nur einzelne, aneinander liegende Fasern, wenngleich diese stets nur in geringer Ausdehnung so verändert sind. Bismarckbraun lässt sie untingirt, Hämatoxylin nehmen auf. Um diese herum findet sich Bindegewebe in Zügen geordnet. Diese schliessen die verschieden grossen Anhäufungen der Bröckel ein und stehen theils mit einander in Verbindung, theils bilden sie nur eine Hülle um dieselben herum. Wenn auch noch kernreich, ist doch dieser Kerngehalt bei weiten nicht mehr so ausgesprochen wie noch im vorigen Fall, wie auch das junge Bindegewebe nicht mehr einen so grossen Flächenraum einnimmt. Diese Züge haben bisweilen noch ihren embryonalen Charakter beibehalten; meistens zeigen sie aber schon eine festere Beschaffenheit. In denselben finden sich auch einzelne unversehrte Muskelfasern. Eine leichte Pigmentirung kann auch hier zuweilen sich zeigen.

Hämorrhagien oder, in den meisten Fällen genauer gesagt, Spuren von früheren lassen sich in der Umgebung des veränderten Gewebes nachweisen.

Was indessen diese Präparate von den früheren besonders unterscheidet, ist, dass an der äusseren Grenze der bindegewebigen Züge kleine Anhäufungen von Rundzellen beobachtet werden.

## VII.

Hund, vier Wochen nach der Unterbindung getödtet. Alkoholhärtung, Färbung mit Hämatoxylin und Eosin, oder mit Bismarckbraun.

Makroskopisch zeigt das Endocard nur einen weisslichen Flecken mit unbedeutender, thrombotischer Auflagerung. Die Wand ist etwas eingezogen an dieser Stelle. Die ohne Vergrösserung ausgeführte Besichtigung des Querschnittes der Wand an dieser Stelle weist einen etwas härter als die Umgebung erscheinenden, durch die helle Farbe gut abstechenden Flecken nach. Dieser ist indessen nicht von so grosser Ausdehnung wie in den früher beschriebenen Fällen.

Mikroskopisch findet man hier auch noch Reste von Schollen und Bröckeln wie in den vorigen Fällen. Diese sind jedoch bedeutend diffuser. Es ist nicht mehr so einfach, die einzelnen Theile auseinander zu halten und auf ihre regelrechte Fortsetzung zurückzuführen. Auch das Ver-

halten gegen Tinctionsstoffe hat sich ein wenig anders gestaltet. Hämatoxylin nehmen sie intensiv auf, Bismarckbraun theilweise auch.

Um diese bröckeligen Anhäufungen herum liegen Züge von Bindegewebe. Dieses verhält sich theilweise noch dem des vorigen Stadiums ähnlich, indem die Züge breit und relativ kernreich sind. Am äusseren Rande in dem sonst noch erhaltenen Muskelgewebe finden sich Anhäufungen von Rundzellen. Solche sind indessen auch in das Innere der nekrotischen Massen eingedrungen.

An anderen Stellen findet sich das Bindegewebe kapselartig um die bröckeligen Massen herum und weist nur eine dem gewöhnlichem Bindegewebe entsprechende Anzahl Kerne auf. Hin und wieder findet sich unverändertes Muskelgewebe von wenigen Fasern bis zu ganzen Bündeln in das Bindegewebe eingelagert. Im Ganzen ist das pathologisch veränderte Gebiet in diesem Versuch etwas kleiner ausgefallen als in den übrigen. Auf die Consistenzzunahme des veränderten Gebietes muss noch hingewiesen werden. Dieses zeigt sich bei der Anfertigung der Schnitte, indem diese beinahe stets an der Grenze der veränderten Partie reissen wollen, was nur durch grössere Dicke und auch dann nur schwer vermieden werden kann.

(Hierzu Taf. I, Fig. 8.)

## VIII.

Hund, fünf Wochen nach der Unterbindung getödtet. Härtung in Alkohol, Färbung mit Hämatoxylin, Bismarckbraun, wässriger Fuchsinlösung und Ammoncarmin.

Makroskopisch fällt vor Allem die bedeutende Verdünnung der Wand auf. Diese hat die Basis des einen Papillarmuskels mit betroffen. Hier ist eine bedeutende, thrombotische Auflagerung vorhanden. Der Durchschnitt durch die Herzwand zeigt eine mehr fibröse Beschaffenheit des dem Endocard anliegenden Gewebes an dieser Stelle. Diese knistert unter dem Messer und macht sich bei der Anfertigung der Mikrotomschnitte unangenehm bemerkbar, da die verschiedene Consistenz der Herzwand hier nur bei grosser Dicke der Schnitte solche von normalem und verändertem Gewebe zugleich giebt.

Prüfung der Schnitte mit dem Mikroskop zeigt hier stellenweise tingirte, zusammengesinterte Massen. Einzelne solcher haben Hämatoxylin nicht aufgenommen. Verschiedene dieser nekrotischen Massen sind zu Anhäufungen kleiner Körper zerfallen. Um diese nekrotischen Massen, von welchen nur sehr geringe Spuren vorhanden sind, findet sich mehr fibröses Bindegewebe. Dieses besonders an der bei makroskopischer Betrachtung verdünnt gefundenen Partie. Hier sind auch

spärliche Rundzellen vorhanden. Grössere Anhäufungen derselben finden sich um Nekrosen herum, die dort liegen, wo die Herzwand keine so ausgesprochene Verdünnung aufzuweisen hat. Die fibröse, bindegewebige Umwandlung hat hauptsächlich den endocardialen Theil der Herzmuskulatur betroffen. Wo noch Reste der nekrotischen Massen liegen, sind sie von Bindegewebe eingekapselt.

(Hierzu Taf. I, Fig. 9.)

## IX.

Hund, sieben Wochen nach der Umstechung getödtet. Alkoholhärtung. Färbung mit Hämatoxylin und Eosin oder mit Bismarckbraun.

Die makroskopische Untersuchung ergab auf dem Endocard einzelne weissliche Flecken. Im Querschnitt der Wand machten sich kleine Flecken durch festere Consistenz bemerkbar.

Die mikroskopische Beobachtung zeigte, dass an vielen Stellen Anhäufungen von reinem Bindegewebe vorhanden waren. Bisweilen fanden sich auch noch durch Hämatoxylin scharf tingirte Brocken inmitten des Bindegewebes vor. Stellenweise bildeten diese kleine Würfel, welche in ihrer Anordnung noch den Gang der Muskelfasern zeigen oder sie traten mehr in Form einer tingirten Detritusmasse auf. Im Bindegewebe an den grösseren Anhäufungen zeigen sich bisweilen Rundzellen.

Einzelne Muskelfasern finden sich in wechselnder Menge innerhalb des Bindegewebes. Dieses tritt durch die hier zuweilen benutzte Nachfärbung mit Eosin sehr deutlich hervor. Eine leichte Längsstrichelung ist doch meist an diesen wie auch an den das Bindegewebe begrenzenden Primitivbündeln sichtbar.

Im Bindegewebe zeigen sich die Kerne spulenförmig und gekrümmt; oft läuft das eine Ende scheinbar in einen faserigen Fortsatz aus.

(Hierzu Taf. I, Fig. 10.)

## X.

Hund, zwei Monate nach der Umstechung getödtet. Chromsäurehärtung, Färbung mit Hämatoxylin.

Die makroskopische Untersuchung fördert eigentlich nichts zu Tage. Bei Durchschneidung der Wand stösst das Messer auf kleine feste Partien.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt einzelne sehr kleine Bindegewebsherde, welche in der muskulösen Wand zerstreut liegen. Diese schliessen oft noch einzelne Primitivbündel ein und bieten ganz das

Aussehen, welches aus Untersuchungen an menschlichen Herzen für die Schwielen bekannt ist, dar.

## XI.

Hund, ein Jahr und fünf Monate nach der Umstechung getödtet. Frische Schnitte mit essigsaurem Fuchsin gefärbt kamen zur Untersuchung.

Hier findet sich an der pericardialen Fläche der Herzwand eine tiefe Rille, welche dem Verlauf des unterbundenen Gefässes entspricht. Die Unterbindungsstelle ist kenntlich durch die hier stattgefundenene, locale adhäsive Pericarditis. Die Muskulatur an dieser Seite der Herzwand ununterbrochen erhalten.

An der endocardialen Seite findet sich dem Gebiete der Rille der äusseren Wand entsprechend eine tiefe Einsenkung vor. Durch ihre gelbliche Farbe hebt sie sich scharf von der übrigen Muskelmasse ab. Im Gebiet dieses derbfibrösen Fleckens ist die Muskulatur nur in einer sehr geringen äusseren Schicht erhalten. Besonders markant tritt dieser Schwund der Muskulatur an der Stelle auf, wo der basale Theil des einen grossen Papillarmuskels ganz verschwunden ist.

Die mikroskopische Prüfung ergab im Bereiche dieses fibrösen Fleckens keine Spur muskulöser Elemente.

(Hierzu Taf. I, Fig. 11 und 12.)

## Zusammenstellung der Beobachtungen.

Nachdem im Vorhergehenden die Befunde der verschiedenen Stadien des Verlaufes der Veränderungen, die sich am Herzen nach der durch die Unterbindung hervorgerufenen, localisirten Ischämie entwickelt hatten und die mir zur Beurtheilung derselben zur Verfügung standen, dargelegt worden sind, soll der Versuch gemacht werden, den ganzen re- und progressiven Verlauf im Zusammenhang oder das Bild der hier experimentell erzeugten Myomalacia cordis darzustellen.

Aus der Beschreibung der nach 24stündiger Ligatur gewonnenen Befunde muss die hier eingetretene Veränderung als eine typische Coagulationsnekrose der von der Blutzufuhr abgesperrten Muskelpartien angesehen werden. Anders war es wohl auch nicht zu erwarten, da ja Weigert<sup>1</sup> geradezu die Herzinfarcte als Typen der nekrotischen

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXIX. Ueber pathologische Gerinnungsvorgänge.

Gewebsgerinnung darstellt. Alle die Veränderungen, welche Weigert als bezeichnend für die von ihm aufgestellte Form der nach Blutabschnitt folgenden Nekrose angegeben hat, finden sich hier vor. Es ist nicht gut möglich, bei der scharfen und wohlgelungenen Kerntinction im Allgemeinen das Fehlen derselben an den hellen Flecken auf etwas anderes als Degeneration der Kerne zurückzuführen. Mit einer solchen Degeneration stimmen auch die stellenweise aufgefundenen Spuren von Kernen überein. Ein zufälliges Misslingen der Färbung kann nicht angenommen werden. Auch die beschriebene Veränderung der Muskelquerschnitte steht mit der Annahme einer eingetretenen Gerinnung in Uebereinstimmung. Abbildung I zeigt die Körnelung der kernlosen Theile, wenn auch nicht so schön wie im Präparat, so doch erkennbar. Die Strichelung der noch mit Kernen versehenen Muskelmassen liess sich nicht so wiedergeben, wie es der Wirklichkeit entsprochen hätte. Das Aussehen der veränderten Theile lässt sich sehr gut mit dem von Fibrin vergleichen. Das Auffinden der einzelnen Fasern und die bei den Befunden beschriebene Conturveränderung derselben war nur durch Benutzung starker Linsen möglich.

Für den weiteren Verlauf des durch die Gefässsperrre hervorgerufenen Processes ist auch die beschriebene Ausdehnung und das zerstreute Auftreten der nekrotischen Theile von grosser Bedeutung. Ohne viele Schwierigkeiten lässt es sich leicht einsehen, dass eine so angeordnete Blutversorgung, wie sie aus den Befunden in Fall I hervorgeht, für ein so wichtiges Organ wie das Herz sehr werthvoll ist. Bei den gar nicht so seltenen Erkrankungen der Gefässe des Herzens und den daraus resultirenden Störungen in der Ernährung derselben kann ein Gebiet, dessen einzelne kleine Theile Blut aus verschiedenen Gefässen beziehen, leichter noch seine Functionen erfüllen und wieder in Heilung übergehen, als wenn die feinen Verzweigungen nicht in einandergriffen in einer Weise, wie es hier aus dem Vorhandensein unveränderten Gewebes zwischen den Nekrosen hervorgeht. Dass diese Anordnung in der Blutversorgung der Herzwand sich auch im menschlichen Herzen wiederfindet, geht aus einer Aeusserung Virchow's bei Besprechung der fettigen Degeneration desselben deutlich hervor. Er sagt<sup>1</sup> „Auf diese Weise kommt es dann, dass dasselbe Primitivbündel in seinem Verlauf drei, viermal und öfter erkrankt und dazwischen freie normale Stellen zeigt. — — — und die Mannigfaltigkeit der Herde erklärt sich hier aus dem Umstande, dass dasselbe Primitivbündel in seiner Längserstreckung in Beziehung zu verschiedenen Ge-

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. IV. Ernährungseinheiten u. Krankheitsherde.



fassen, in verschiedenen Stromgebieten eintritt. Die gleichartig gelagerten Stellen vieler Primitivbündel gehören demselben Stromgebiet an, da die Gefässe schief oder quer über sie hinweg- oder zu ihnen herantreten.“ Wie bedeutsam weiter auch gerade diese Versorgungsart für die Ausheilung der durch Blutabspernung bei der Myomalacie gesetzten, zerstreuten, nekrotischen Herde ist, geht deutlich aus dem weiter unten gesagten hervor, wo man finden wird, dass die regenerativen Vorgänge gerade in diesem die Herde umgebenden und aus anderer Quelle mit Blut versorgten Partien hauptsächlich auftreten.

Nach der angeführten Uebereinstimmung in der Blutversorgung des Herzens beim Menschen und Hunde und den durch Gefässunterbindung bei letzteren erhaltenen zerstreuten Nekrosen, fällt es etwas schwer Köster<sup>1</sup> zu verstehen, der gerade in dem Auftreten der Myocarditiden in kleinen, zerstreut liegenden Herden einen Gegenbeweis für den ursächlichen Einfluss des Kranzarterienverschlusses bei der Myomalacie findet. Bei dem hier ausgeführten Verschluss eines Theiles der Kranzarterien erfolgte gerade dieses herdweise Auftreten der Veränderungen.

Gehen wir nach dieser kurzen Abschweifung wieder zu dem weiteren Verlauf des Processes am Herzen zurück, so finden wir, dass sich innerhalb zweier Tage recht bezeichnende Veränderungen ausgebildet haben.

Die kernlosen Partien erscheinen unverändert. Anders verhält sich aber das an dieselben grenzende Gewebe. Hier herrscht eine rege Thätigkeit, wie die Befunde in den Präparaten angeben. Der hier den weiter von den nekrotischen Stellen entfernteren Theilen gegenüber hervortretende Chromatinreichthum der Kerne deutet auf eine beginnende nucleare Bewegung hin. Dass eine solche aber auch wirklich vorhanden ist, beweisen die verschiedenen Mitosen, welche sich in dieser Gegend der Herzmuskulatur zeigen. Und zwar sind alle verschiedenen Gewebe hieran betheiligt. Wir finden Kerntheilungen an den Muskelkernen, an den Bindegewebskernen und auch an dem adventitiellen Gewebe der Gefässe. Dass diese rege Zelltheilung das vorher normale Muskelparenchym auch mit alterirt, ist leicht einzusehen. Hier finden sich aber auch Thatsachen, welche direct darauf hinweisen. Die beschriebenen schwarzen Punkte an den Querschnitten, die feinen schwarzen Strichelungen an längsgetroffenen Muskelfasern kann wohl aus der Ein-

---

<sup>1</sup> *Centralblatt für allgemeine Pathologie u. pathologische Anatomie.* Bd. I. Bericht über die Verhandlungen der pathol.-anat. Section auf d. X. internationalen medicinischen Congress zu Berlin 1890.

wirkung der Osmiumsäure auf fettige Bestandtheile erklärt werden. Auch das Auseinanderweichen des Primitivbündels um eine Mitose der Kerne spricht dafür; aus demselben finden wohl auch die Vacuolen ihre Erklärung.

Geht man der Ursache dieser Veränderungen nach, so ist es nicht gut möglich, diese Thätigkeit der Zellen als directe Folge des Blutabschnittes zu betrachten. Erstens betraf diese Ernährungsstörung nicht das Gewebe, in welchem diese Mitosen sich vorfinden; zweitens kann man einer gehemmten Ernährung nicht gerne eine erhöhte Lebensäusserung zuschreiben. Um hierfür eine Ursache zu finden, thut man gut, sich die Verhältnisse am Herzen, wie sie sich nach eingetretener Coagulationsnekrose der ischämisch gemachten Partien gestalten, klar zu machen.

Nach eingetretener Nekrose nehmen die davon betroffenen Muskelmassen nicht mehr an der Thätigkeit der übrigen Herzmuskulatur theil. Diese abgestorbenen Partien sind jetzt als in der Muskelwand vorhandene Fremdkörper zu betrachten. Aus anderen Gebieten der Pathologie ist es aber bekannt, dass Fremdkörper einen bedeutenden Reiz auf das umgebende Gewebe ausüben und sogar eine Entzündung veranlassen können. Was ist also natürlicher als auch hier den Reiz zu den beschriebenen Erscheinungen, welche auf eine Gewebsthätigkeit hinweisen, in dem Vorhandensein der Nekrosen zu suchen?

Anders hat indessen Loeb<sup>1</sup> diese Verhältnisse für die von ihm untersuchten Fälle von Ruptur des Herzens nach Coronararterienverschluss durch Sclerose aufgefasst. Auch er unterscheidet hier zwei Processe: einen regressiven, der zum Untergange der Muskulatur führt, und einen progressiven, als dessen Folge eine Neubildung jungen vascularisirten Bindegewebes auftritt. Da auch er sich diese Neubildung neben dem Degenerationsprocesse nicht ohne einen dem entzündlichen nahekommenden Reiz gut entstanden denken kann, sucht er nach der möglichen Ursache desselben, und kann diese nur in dem vielfachen Vorkommen der Hämorrhagien finden. Um dieser seiner Ansicht eine weitere Stütze zu geben, führt er an, dass man auch in anderen Organen, z. B. der Lunge, den Hirnhäuten etc. extravasirtes Blut als entzündungsetzenden Reiz betrachtet hat.

„Demnach würde die fettigkörnige Degeneration des Herzparenchyms in ihrem Verlauf zu Blutungen führen, welche ihrerseits das Signal gäben zur Production eines neuen, die Verluste an Parenchym ausgleichenden Gewebes.“

<sup>1</sup> Loeb, Ueber partielle erweichende Myocarditis (Malacia cordis). 1880.

Dieser Ansicht gegenüber muss ich die oben dargestellten Ursachen der reactiven Bewegung in der die Nekrosen umgebenden Zone aufrecht erhalten und zwar unter Berücksichtigung folgender Beobachtungen. Schon nach 24 stündiger Ligatur habe ich eine vollkommen ausgebildete Coagulationsnekrose gefunden, ohne auch nur einzelne extravasirte rothe Blutkörperchen auffinden zu können. Ebenso wenig waren solche am zweiten Tage dort anzutreffen, wo der reactive Vorgang schon begonnen hatte und dieses, wie oben gesagt, sowohl am Muskel- wie am Bindegewebe. Vom dritten Tage stand kein Material zur Verfügung, dagegen vom vierten Tage wieder. Hier finden sich einzelne kleine Hämorrhagien aus nur wenigen Blutkörperchen bestehend, während die vielen aufgetretenen Mitosen anzeigen, dass die am zweiten Tage begonnene Reaction in vollster Blüthe steht. Hieraus ist zu sehen, dass schon das zeitliche Auftreten der Blutextravasate ein ursächliches Verhalten zu den reactiven Processen, wenigstens in den hier in Frage kommenden Fällen von Myomalacie, ausschliesst. Auch ein anderer Umstand spricht zu Gunsten der von mir vertretenen Anschauung. Das Auftreten karyokinetischer Figuren beginnt in der Nähe der ischämischen Muskelsubstanzen und schreitet von dort peripherwärts fort. Die Hämorrhagien hingegen finden sich besonders etwas näher der von der Reaction nicht betroffenen Muskulatur.

Indessen ist diese Differenz der Ansichten leicht erklärlich, wenn man bedenkt, wie verschieden das zur Beurtheilung des myomalacischen Processes benutzte Material war, da Loeb seine Untersuchungen an spontan rupturirten Herzen vornahm und so nur das Erweichungsstadium vor sich hatte, während mir verschiedene Stadien besonders vom Anfange des Processes zur Verfügung standen. Hierzu kommt noch, dass, wie Neelsen<sup>1</sup> gezeigt, die Ruptur in der Umgebung des Infarctes zu Stande kommt, und Theile dieser Partie wohl hauptsächlich zur Untersuchung kamen.

Welche Veränderungen sich am vierten Tage vorfinden, ist nur kurz im Vorhergehenden erwähnt, da die hauptsächlichste Erscheinung hier nur eine gesteigerte Karyokinese war. Diesem Stadium sind die beigegebenen Abbildungen von Theilungen der Muskelkerne entnommen. Wir sehen daran, dass diese sich vermehren, und zwar treten solche Mitosen nicht so sehr selten auf. Im Gegentheil fanden sich stets mehrere Mitosen in demselben Gesichtsfelde. Hier kann auch auf eine

---

<sup>1</sup> Festschrift für E. Wagner. Citirt nach Schmidt's *Jahrbüchern*. 1888. Ueber spontane Ruptur des Herzens durch Verschluss der Coronararterien und hämorrhagischer Infarcte; nebst Bemerkungen über deren Genese.

Erscheinung, welche sich in der contractilen Substanz um die Karyokinesen herum zeigte, aufmerksam gemacht werden. Dieses ist eine feine Strichelung, die sozusagen an dem hellen Hof um die karyokinetische Figur ihren Ursprung nahm. Diese war nur an' längsgetroffenen Muskelfasern zu sehen. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, verschwand sie indessen bald, und trat die gewöhnliche Querstreifung an ihre Stelle.

Die eine Woche alten Präparate zeigen, dass der reactive Process noch sehr rege ist. Die bruchstückartige Natur der nekrotischen Theile lässt sich hier noch besser als nach 24 stündiger Ligatur sehen. Zum grössten Theil, wenn nicht ganz, bestehen diese Nekrosen wohl aus albuminösen Körpern, da die von mir benutzten Reagentien kein Fett oder höchstens minimale, nicht wahrnehmbare Spuren angaben.

Ihr Verhalten Farbstoffen gegenüber hat sich aber geändert. Nach 24 stündiger Ligatur liessen sich die coagulirten, nekrotischen Muskelstücke nicht mit Hämatoxylin tingiren; hier nehmen sie jedoch diesen Farbstoff so intensiv auf, dass sie schon dem unbewaffneten Auge gut erkenntlich sind. Auch ihr Verhalten gegen andere Farbstoffe ist geprüft worden. Nach einem Alauncarminpräparat sind die Figuren 3 und 4 angefertigt worden. Wenn auch hier der im Präparate sichtbare Ton der Färbung nicht ganz geglückt ist, so kann doch der Unterschied in der Farbe der Kerne und der der Coagulationsnekrosen erkannt werden. Weigert<sup>1</sup> machte schon auf das verschiedene Verhalten von coagulationsnekrotischen Geweben gegen Farbstoffe aufmerksam. Indessen findet sich bei ihm hier nichts, was auf dieses sich tingiren oder nicht tingiren lassen desselben Gewebes bei verschiedenem Alter der Nekrosen hinweist. Es mag noch darauf hingewiesen werden, dass an fünf Wochen alten Nekrosen diese Tinctionsfähigkeit nicht bei allen nekrotischen Muskelbruchstücken gefunden wurde, sondern dass hier einige den Farbstoff (Hämatoxylin) intensiv aufnahmen, andere hingegen gar nicht. Hieraus Schlüsse auf mögliche bestimmte chemische Umsetzungen innerhalb des nekrotischen Gewebes zu ziehen, erscheint bei unseren jetzigen Kenntnissen über das Wesen der Kernfärbung indessen noch unzulässig.

Der Kernreichthum der Primitivbündel um diese Nekrosen herum ist nach den beschriebenen zahlreichen Mitosen in den zwei und vier Tage alten Präparaten wohl verständlich, indessen doch auffallend. Aneinander gereiht liegen hier die längsovalen Kerne, in jedem Pri-

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXIX. Ueber die pathologischen Gerinnungsvorgänge.

mitivbündel zu mehreren Reihen, so dass von der Zwischensubstanz bei Gebrauch mittelstarker Systeme nur wenig zu erkennen ist. Es sind dies wohl die Gebilde, welche den Namen „Muskelzellschläuche“ erhalten haben und die man bei Regenerationsprocessen der Skelettmuskeln gefunden hat. Besonders hervorzuheben ist noch, dass trotz des Reizes, den diese mächtige Kernwucherung hervorgerufen hat, nur ganz vereinzelte Rundzellen gefunden wurden. Wie aus den noch gefundenen Mitosen an Muskelkernen hervorgeht, ist dieser Reiz noch im Stande Theilungen derselben hervorzurufen. Indessen tritt hier schon mehr die beginnende Bildung eines jungen Ersatzgewebes mit hervor. Im Bindegewebe finden sich reichlichere Karyokinesen. Das Endothel der kleinen Gefässe weist auch auf eine beginnende Wucherung hin. Auch die Ausläufer der Gefässe mit Zelltheilungen an ihren Verästelungsstellen müssen wohl in diesem Sinne aufgefasst werden.

Das relativ reichliche Auftreten karyokinetischer Figuren an Muskelkernen des Herzens war etwas auffallend, da solche nach den Angaben Bonome's<sup>1</sup>, welche auch in Ziegler's Lehrbuch der Pathologie übergegangen sind, nur sehr vereinzelt auftreten sollen. Allerdings war die von mir dem Herzen zugefügte Läsion grösser und anderer Art als bei seinen Versuchen.

Vielfach traten auch, wie beschrieben, mehrkernige Gebilde in diesem Stadium auf. (S. Taf. I, Fig. 5 u. 6). Die Natur derselben, besonders der vielkernigen, war nicht so leicht zu bestimmen. Derartige Gebilde sind auch schon früher von verschiedenen Forschern beim Studium von Muskelverletzungen gesehen worden und haben wechselnde Deutungen veranlasst. Von Neumann<sup>2</sup> als regenerative Vorgänge aufgefasst, haben sie den Namen „Muskelknospen“ empfangen. Auch führt er die Kerne derselben auf Abkömmlinge der alten Muskelkerne zurück.

Leven<sup>3</sup> hat bei seinen Untersuchungen auch kernreiche Gebilde gefunden und fasst sie als Anhäufungen junger Muskelzellen auf, welche durch Verschmelzung dann eine neue Faser bilden sollen. Sowohl Neumann wie Leven beziehen sich hierbei auf Skelettmuskeln.

<sup>1</sup> Ziegler's *Beiträge*. 1889. Ueber die Heilung aseptischer Herzwunden.

<sup>2</sup> *Archiv f. mikroskop. Anatomie* Bd. IV. Ueber den Heilungsprocess nach Muskelverletzungen.

<sup>3</sup> *Deutsch. Archiv für klin. Medicin*. 1888. Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration der quergestreiften Muskelfaser unter besonderer Berücksichtigung der Karyokinese.

Am Herzen hat Bonome<sup>1</sup> derartige Gebilde vorgefunden. Er schreibt ihnen epitheloiden Charakter zu und nennt sie Riesenzellen. Weiter behauptet er, in ihnen abgestorbenes Muskelgewebe gesehen zu haben. Sieht man von der Schematisirung seiner Abbildungen ab, so stimmen diese wohl mit den hier beobachteten Gebilden überein. Ihre Bedeutung läge nach ihm in einer resorptiven Thätigkeit.<sup>2</sup>

Der weiter folgenden Beschreibung ein wenig vorgreifend, will ich hier erwähnen, dass ich nirgends etwas gefunden, was als neugebildete Muskelfasern bezeichnet werden könnte und ebenso will ich auf den nach einer weiteren Woche bedeutend verminderten Kerngehalt dieses Gebietes hinweisen.

Nach dem eben Vorausgeschickten ist es mir nicht möglich, die Auffassung von Neumann oder Leven für die vorliegenden Gebilde am Herzen bei dem von mir untersuchten Prozesse zu theilen. Wenn auch die zahlreichen Mitosen der Muskelkerne für eine regenerative Thätigkeit zu sprechen scheinen, und ich auch als Ursprung dieser Gebilde die Muskelsubstanz der die Nekrosen umgebenden Zone ansehe, so spricht doch schon der entschieden negative Befund in Bezug auf neugebildete Muskelfasern gegen die Auffassung der hier vorliegenden Gebilde als Vorstadien einer wirklichen Neubildung von Primitivbündeln. Ausserdem kann die Karyokinese der Muskelkerne allein nicht als absolutes Criterium für eine weiter auch wirklich erfolgende Entwicklung von hier contractiler Substanz angesehen werden. So bestreitet z. B. gerade für den Herzmuskel Bonome<sup>3</sup>, dass der Karyokinese der Muskelkerne eine Umbildung der Faser folge. Auch Foà<sup>4</sup> zieht aus seinen Untersuchungen über Niereninfarcte den Schluss, dass die mitotische Zertheilung der Epithelien der Harncanäle nicht eine Neuproduction von solchen zur Folge habe. Auch Coen<sup>5</sup> hat beim Studium der Stichwunden des Gehirns ähnliche Erfahrungen gemacht.

Der nach einer weiteren Woche so auffallend geringere Kernreichtum der Zone, welche diese Gebilde enthält und in welcher auch diese selbst nicht mehr auffindbar sind, spricht doch auch gegen die

---

<sup>1</sup> a. a. O.

<sup>2</sup> Auf andere Arbeiten über Regeneration der quergestreiften Muskulatur Bezug zu nehmen bin ich theils nicht im Stande, da sie mir nicht zugänglich sind, theils halte ich es für unnöthig und zu weit führend, da diese, soweit bekannt nur an Skelettmuskeln ausgeführt worden sind.

<sup>3</sup> a. a. O.

<sup>4</sup> Ziegler's *Beiträge*. 1889. Ueber Niereninfarcte.

<sup>5</sup> Ziegler's *Beiträge*. 1887. Ueber die Heilung von Stichwunden des Gehirns. Nur aus Citaten bekannt.

völlige Gleichstellung der vorliegenden mehrkernigen Muskelmassen mit den ähnlichen von Neumann u. Aven an Skelettmuskeln beobachteten Myeloplaxen. Denn will man eine Karyokinese als Zeichen besonderer Lebenskraft der Zelle, die zu einer Neubildung der spezifischen Elemente führt, auffassen, so ist es schwer verständlich, dass dem neu entstandenen Kerne diese selbe Lebensfähigkeit fehlen soll. Dass aber viele dieser Kerne in diesem späteren Stadium untergegangen sein müssen, kann nach den Befunden nicht bezweifelt werden.

Bonome's<sup>1</sup> Angabe über die epitheloide Natur seiner Riesenzellen, die er für den Muskelknospen Neumann's gleichwerthig hält, kann ich noch weniger beistimmen. Dass ich es hier mit denselben Gebilden zu thun habe, ist schon oben gesagt. Auf die muskulöse, nicht epitheloide, Natur derselben weist folgendes hin. Viel reichlicher als bei seinen Experimenten traten Mitosen an den Muskelkernen bei vorliegender Arbeit auf. Der verschiedene Kernreichthum an den quergetroffenen Muskeln ermöglichte es, durch die dadurch vorhandenen Uebergangsstadien den muskulösen Ursprung der Substanz, in welcher die Kerne in grosser Anzahl liegen, festzustellen. Ausserdem besaßen die vielkernigen Gebilde stets eine bindegewebige Hülle, die sich durch nichts von der um die einkernigen Muskelquerschnitte unterscheiden liess. Auch hier finden sich zuweilen Fortsätze. Diese, wie auch das Vorkommen scharf begrenzter nekrotischer Substanz innerhalb derselben, findet aber in folgender Weise ihre Erklärung. An den vielkernigen Gebilden (s. Taf. I, Fig. 6) finden sich zuweilen feine, von der Peripherie in's Innere sich verschieden weit erstreckende Risse. Durch diese wird der Myeloplaxe ein Aussehen gegeben, welches noch etwas an den Querschnitt eines Muskelbündels erinnert. Ich bin hiernach geneigt diese vielzelligen Gebilde als aus Verschmelzung mehrerer, durch Kernvermehrung veränderter Primitivbündel entstanden anzusehen. Das Vorkommen einer scharf begrenzten nekrotischen Masse ist alsdann leicht zu verstehen. Habe ich doch oben schon vielfach darauf hingewiesen, dass an einzelnen Fasern eines Bündels sich die Folgen der Blutsperre bemerkbar gemacht hatten, während die übrigen nicht davon ergriffen erschienen. Ob diese vielkernigen Gebilde eine resorptive Thätigkeit haben oder nicht, erscheint nach meinen Präparaten mindestens schwer zu entscheiden.

Nach dem Gesagten ist wohl die von mir diesen Gebilden zugeschriebene Bedeutung für den myomalacischen Process verständlich. Infolge des sequesterähnlichen Reizes der nekrotischen Muskelsubstanz

<sup>1</sup> a. a. O.

tritt in dem von der Ischämie nicht berührten Muskelgewebe eine Neuproduction von Muskelkernen ein. Diese führt zu massenhaften Anhäufungen von Kernen innerhalb der Primitivbündel, welche dabei vielleicht theilweise mit einander verschmelzen und so im Querschnitt diese vielkernigen Gebilde darstellen. Indessen sind diese nur transitorischer Natur. Möglicherweise entfaltet der fortsetzungsweise bestehende Reiz der nekrotischen Massen auf die so veränderte Muskelsubstanz nunmehr eine destruirende Wirkung, oder aber wird die jetzt entstehende Neubildung von Bindegewebe, welche ich weiter unten näher beschreiben werde, durch die diesem Gewebe eigene Lebensfähigkeit zerstörend auftreten.

Auch Veränderungen der contractlichen Substanz im Laufe der ersten Tage habe ich bereits im Vorhergehenden erwähnt. Gleichzeitig mit der gesteigerten Kernzunahme hat diese auch weitere Verwandlungen erlitten. Anstatt des feinen Kranzes schwarzer Punkte um die Kerne herum in den Muskelquerschnitten zeigt sich diese bei starker Vergrößerung als eine graue, äusserst feinkörnige, zwischen den Kernen liegende Masse. Wie schon erwähnt, finden sich indessen auch Uebergangsstadien, wo diese feinkörnige Substanz noch nicht so gleichmässig ist. An Längsschnitten ist wenig von derselben zwischen den dicht gestellten Kernen sichtbar (s. Taf. I, Fig. 4). Diese ist dort körnig oder, genauer, körnig-faserig zerfallen und bildet bei starker Vergrößerung nur eine structurlose Masse. Auf ihren Ursprung aus langgestreckten Muskelfasern weist meistens nur die reihenförmige Anordnung der Kerne hin, welche aber gerade hierdurch die Erinnerung an Faserbündel hervorruft. Bei sehr starker Vergrößerung findet man auch, dass diese körnige Zwischensubstanz in näherer Beziehung zu den einzelnen Kernen steht, indem ein jeder solcher Kern von einem eckigen Stücke dieser Masse umgeben erscheint. Die Längsenden der in ihrem weiteren Verlauf normal erscheinenden Primitivbündel zerfasern sich gegen die kernreichen Theile hin und nehmen erst allmählich wieder ihre normale Querstreifung an. Die parallel zu den kernreichen Herden verlaufenden Muskelfasern mit normaler Kernanzahl (s. Taf. I, Fig. 4) sind kaum merkbar alterirt, möglich, dass ihre Querstreifung in nächster Nähe des Herdes ein wenig gelitten hat. Das Sarcolem ist an den durch Kerne erfüllten Muskelfasern ganz verschwunden; dieses lässt sich auch aus der unsicheren Contur der einzelnen Muskelfasern ersehen.

Im Laufe der folgenden Woche zerfallen die nekrotischen Muskelbruchstücke in kleinere würfelförmige Körperchen. Diese liegen noch in Reihen bei einander und lassen die ursprüngliche Muskelfaser gut erkennen. Ihre Conturen sind viel zackiger geworden. Es treten auch



unregelmässige Körper mehr im Innern hervor und lassen sich wohl als Zeichen einer Umwandlung derselben auffassen. Dass dieser Zerfall derselben jedoch nicht fettiger Natur sein kann, ist aus dem negativen Ausfall der bei den Befunden beschriebenen Reactionen zu schliessen.

Ausser diesen immerhin geringfügigen Vorgängen weisen die Befunde auf eine bedeutende, regressive Thätigkeit in dem um die schollenartigen Nekrosen liegenden Gewebe hin. Hier ist beinahe jede Spur einer früheren Muskelsubstanz bereits verschwunden. Keine Kernanhäufungen finden sich dort mehr vor. Der Kernreichtum des vorigen Stadiums ist lange nicht mehr so ausgesprochen. Einzelne unter den vorhandenen Kernen zeigen Formen, welche auf einen Zerfall hinweisen, denn anders sind wohl die unregelmässig geformten, zuweilen blasser tingirten Kerne kaum aufzufassen, besonders wenn man in Betracht zieht, dass die verminderte Anzahl derselben dem früheren Stadium gegenüber auf einen Untergang derselben hinweist.

An Stelle der früheren, zerfallenen Muskelsubstanz ist ein junges Gewebe getreten. In diesem hat sich eine Menge kleiner Blutgefässe entwickelt. Seiner Natur nach ist dieses neugebildete Gewebe als junges Bindegewebe zu betrachten. Wir haben hier die Folgen der im Bindegewebe und in den Gefässen erfolgten Wucherungsvorgänge vor uns, die aus dem vorigen Stadium schon bekannt sind.

Indessen fällt es auf, dass das junge Bindegewebe überall viel mehr Raum einnimmt als die kernreiche Zone vor einer Woche. Manches mag wohl vielleicht darin seine Erklärung finden, dass die feinen Gefässe in ihrer Endausbreitung in verschiedenen Herzen nicht ganz übereinstimmen. Doch ist der Unterschied zu auffallend, um nur hierin begründet zu sein. Es scheint mir daher nicht so ganz unwahrscheinlich, dass der auf das Muskelgewebe destruirend einwirkende Reiz noch im Beginn der zweiten Woche nach erfolgter Blutsperre seine Wirkung ausgeübt hat und so hier diese grössere Ausdehnung des Bindegewebes bewirkt hat.

Im Ganzen muss aber doch die Thätigkeit der zweiten Woche als mehr regenerativ bezeichnet werden. Denn wenn auch das faserige Gewebe, welches die frühere, normale Muskulatur um die Nekrosen herum ersetzt hat, nur wenige der Kennzeichen des schliesslichen Ersatzgewebes zeigt und sich von diesem besonders noch durch den relativ weiten Abstand zwischen den einzelnen Fasern unterscheidet, so kann doch nach dem, was wir über die Neubildung von Bindegewebe wissen, kein Zweifel über die Natur desselben bestehen.

In seinen Untersuchungen der malacischen Processe am mensch-

lichen Herzen hat Loeb<sup>1</sup> ähnliche Bilder wie die von mir in diesem Stadium beobachteten gefunden. Er macht jedoch die Einwirkung der aufhellenden Substanzen bei Bereitung der Präparate mit hierfür verantwortlich, indem diese das zerfallende Muskelparenchym unsichtbar machen, und daher das alte Bindegewebe besser hervortreten kann. Ohne diese Einwirkung ganz ableugnen zu wollen, muss ich jedoch ihre Wirkung bei den von mir untersuchten Stadien als von geringer Bedeutung erachten, da ich einen derartig eclatanten Unterschied zwischen den nach verschiedener Art bereiteten Präparaten nie gesehen. Möglich ist jedoch immer, dass seine Fälle ein Zwischenstadium darstellen, welches mir entgangen ist. Aus meinen Präparaten geht hervor, dass das alte Bindegewebe nur eine verschwindende Bedeutung für die reichliche Menge desselben in vorliegendem Falle haben kann.

Was die von Loeb weiter aufgeworfene Möglichkeit einer Entstehung der rothen Blutkörperchen in der Herzwand selber betrifft, so habe ich bei meinen Untersuchungen nichts gefunden, was mich zur Aussprache eines ähnlichen Gedankens berechtigen könnte. Vielmehr weisen alle meine oben besprochenen Befunde darauf hin, dass die Gefässbildung hier dem sonst angenommenen Typus analog verläuft.

Etwas später weist Loeb darauf hin, dass sich die längstheilenden Muskelkerne möglicherweise in Bindegewebskerne umwandeln. Die von mir beobachteten Mitosen in dem Bindegewebe und der schon betonte Untergang der wahren Muskelkerne muss die Annahme einer solchen Umwandlung als mindestens fraglich erscheinen lassen. Wenigstens habe ich nichts gefunden, was darauf hinwies. Vielleicht könnte man eher annehmen, dass die Muskelsubstanzen bei ihrem Untergange Material für die Neubildung des vascularisirten Gewebes darbieten. Indessen fehlt mir auch jeder thatsächliche Beweis für diese Ansicht, wenn nicht vielleicht der hier noch beinahe vollständige Mangel an Rundzellen das Verschwinden der untergegangenen Muskelmassen in dieser Weise erklären sollte. Wahrscheinlicher erscheint es jedoch, dass diese verflüssigt in den allgemeinen Kreislauf wieder aufgenommen werden.

In Uebereinstimmung mit der oben den unregelmässigen, blasser tingirten Kernen zugeschriebenen Bedeutung von Untergangsformen ist die Kernmenge des die Nekrosen umgebenden Gewebes bindegewebiger Natur auch nach einer weiteren Woche geringer geworden. Das vor einer Woche so weit ausgedehnte, relativ kernreiche, junge Bindegewebe hat sich hier zu einer viel geringeren Masse zusammen-

<sup>1</sup> a. a. O.

gezogen. Es bildet nunmehr nur eine Hülle um die nekrotischen Massen herum. Diese Hülle hat durch die eingetretene Schrumpfung bisweilen das Aussehen fibrösen Bindegewebes angenommen. Innerhalb dieser Abkapselung liegen die nekrotischen Massen, die lange nicht mehr eine so deutliche, auf ihren Ursprung hinweisende Structur besitzen. Sowohl aus dem Verschwinden der feinkörnigen Massen, welche in ihnen noch vor einer Woche vorhanden waren, als auch aus der nicht mehr sichtbaren würfelförmlichen Zusammensetzung derselben ist ersichtlich, dass weitere resorbtive Processe an ihnen thätig gewesen sind. Hervorgehoben muss auch noch werden, dass eine Fettwandlung derselben nicht nachzuweisen ist. Einzelne Rundzellen treten hier auch in kleinen Anhäufungen in der Umgebung der eingekapselten Nekrosen auf. Dieses späte Erscheinen ist etwas auffallend. Nach sonstigen Erfahrungen wäre ein früheres Auftreten derselben anzunehmen gewesen.

Zur Erklärung des wahrscheinlichen Einflusses dieser hier aufgetretenen fibrösen Bindegewebshülle können Beobachtungen an anderen eingekapselten Herden vielleicht beitragen. Es ist bekannt, dass in der Lunge Tuberkelherde Jahre lang eingekapselt bestehen können, ohne resorbt zu werden. Da hier die fibröse Hülle die Resorption so lange verhindern kann, erscheint es mir nicht zu gewagt, auch am Herzen, bei dem um die Nekrosen herum sichtbaren, festen Bindegewebe, diesem einen verzögernden Einfluss auf die Resorption zuzuschreiben. Dieses um so mehr da nach einer Woche, wie aus den Befunden ersichtlich, nur sehr unbedeutende weitere Veränderungen an den nekrotischen, eingekapselten Massen sichtbar geworden sind.

Die Nekrosen aus dieser Zeit erweisen sich beinahe noch unverändert, möglicherweise etwas mehr zusammengesintert, da der Nachweis der ursprünglichen, sie zusammensetzenden einzelnen Primitivbündel kaum mehr gelingen will. Sonst bieten sie wenig neues dar. Die Körnelung derselben ist vielleicht geringer als vor einer Woche, und zeigen sie möglicherweise ein mehr homogenes Aussehen als damals. Auch hier geben sie keine deutliche Fettreaction. Vielleicht kann die hier angenommene, leichte bräunliche Färbung mit Bismarckbraun auf eine chemische Veränderung hinweisen. Das fibröse, sie einschliessende Gewebe tritt noch schärfer als im vorigen Stadium hervor.

Was indessen diesen Zeitpunkt besonders charakterisirt, ist das viel zahlreichere Auftreten von Rundzellenanhäufungen. Diese sind hier nicht nur wie vorher an der an das unveränderte Muskelgewebe grenzenden Seite vorhanden, sondern sie sind auch in die zwischen den

einzelnen Herden befindliche Substanz eingedrungen. An dem Ort, wo sie liegen, ist die Grundsubstanz sehr schwer zu erkennen. Theilweise lässt sich beobachten, dass sie sich durch die Spalträume des Bindegewebes hindurchgedrängt haben müssen; wenigstens scheint dieses aus der reihenförmigen Anordnung derselben, wie es auch Fig. 8 zeigt, hervorzugehen.

Die auch im Innern der Nekrosen vorhandenen, vereinzelt Rundzellen deuten darauf hin, dass diese hier anfangen das ihre zur Resorption mit beizutragen. Es ist vielfach sonst schon beobachtet, dass Rundzellen mit eingeschlossenen Fremdkörpern später wieder in den Kreislauf eintreten, um diese Fremdkörper dann entweder irgendwo sonst abzulagern oder auch in unbekannter Weise verschwinden zu lassen. Besondere Untersuchungen auf diesen Punkt hin wurden bei vorliegender Arbeit nicht angestellt, da diese Thätigkeit der Rundzellen bei Resorptionen aus den vielen schon darüber gemachten Untersuchungen für vollkommen erwiesen erachtet werden kann, und diese ihre Bedeutung für dem vorliegenden Process daher auch so schon klar erschien.

Die sich weiter fortsetzende Schrumpfung der die Nekrose umgebenden Partie hat hier schon eine, wenn auch nur geringe, Verdünnung der Muskelwand zu Stande gebracht.

Diese hat sich in ganz anderem Massstabe an dem fünf Wochen alten Präparate ausgebildet. Wie aus Fig. 9 zu ersehen, ist diese Verdünnung der Wand hier schon sehr stark ausgesprochen. Um so mehr tritt dieses hervor, wenn man bedenkt, dass diese Verdünnung gerade die Ansatzstelle des Papillarmuskels betrifft und also die Wand im normalen Zustande statt einer Einsenkung eine Verdickung hier aufweisen sollte. Die genauere Prüfung dieser Präparate zeigt, wie schon gesagt, hier eine fibröse Umwandlung der endocardialen Muskelmasse an, in welcher noch geringe Spuren nekrotischer Substanz aufzufinden sind. Dass hier indessen besonders günstige Umstände für die schnelle Resorption und Bildung von Bindegewebe mit im Spiele gewesen sein müssen, lässt sich daraus schliessen, dass in der angrenzenden nicht so geschrumpften Wand, sich noch Herde nachweisen lassen, die so ziemlich die aus der vierten Woche schon bekannten Prozesse aufweisen.

Eine festere, etwas mächtigere Schicht von Bindegewebe umschliesst sie jedoch hier. Sonst sind an den nekrotischen Stellen nur wenig Veränderungen sichtbar. Auffallend ist jedoch, dass diese oft nur aus kleinen von Hämatoxylin stark tingirten Körpern bestehend erscheinen, während andere untingirt eine mehr homogene Structur

aufweisen. Diese aus kleinen Brocken bestehenden Herde besitzen stets nur geringe Ausdehnung und scheint mir kein Irrthum vorzuliegen, wenn man hieraus auf einen, im Verlauf der langsamen Resorption, erfolgenden Zerfall der vorher zusammengesinterten nekrotischen Massen schliessen will.

In dem nun wieder zur Verfügung stehenden Herzen, welches sieben Wochen alte Herde darbietet, erscheint der Process vielerorts schon abgelaufen zu sein. Dieses beweisen die hier fertig gefundenen Schwielen. Diese bestehen nicht mehr aus Bindegewebe in Form fester, die Nekrosen einschliessender Züge, sondern aus Bindegewebe, welches inselartig hier und dort im Gewebe zerstreut auftritt. Indessen ist die Resorption noch lange nicht überall zu Ende geführt. Es sind auch noch kleine und grössere Herde vorhanden, die sich durch nichts von den des zwei Wochen jüngeren Herzen unterscheiden lassen. Nur dass sie hier stets Hämotoxylin angenommen haben und nicht wie dort bisweilen ohne Tinction geblieben sind. Auch die Schrumpfung der Herzwand hat noch mehr zugenommen, nur dass diese hier, wo die Herde auf eine grössere Fläche vertheilt gewesen sind, nicht so deutlich wie im früheren abgebildeten Stadium hervortritt. An einzelnen Stellen sieht man hier auch noch ganz deutlich, dass die nekrotischen Massen aus Muskelfasern hervorgegangen sind, was nach den Befunden der früheren Wochen kaum mehr zu erwarten war.

Eine solche Stelle veranschaulicht die Figur 10. Mitten in der neuentstandenen Schwielen sieht man kleine würfelförmige, stark tingirte Körper liegen, welche in ihrer Anordnung deutlich die Grundsubstanz der verästeten Muskelfasern darstellen. Auch ein anderer Befund ist hier von Wichtigkeit. Man sieht hier eine schwach tingirte, Detritus ähnliche Masse innerhalb des Bindegewebes, welche uns wahrscheinlich das letzte Stadium der Nekrosen zur Erscheinung bringt. Etwas auffällig ist dieser Befund der so verschiedenen, nekrotischen Massen jedenfalls. Da die in Folge des von dem ischämischen Sequester ausgeübten Reizes zerfallenden Muskelfasern in den früheren Präparaten nie eine Tinctionsfähigkeit gezeigt haben, ist es wohl berechtigt, diesem Detritus, der dieselbe Tinction wie die würfelförmigen Nekrosen besitzt, auch denselben Ursprung zuzuschreiben. Auch hier ist es nicht gelungen mit den von mir benutzten Reagentien eine Fettmetamorphose der Nekrosen nachzuweisen.

Aehnlich wie am menschlichen Herzen finden sich hier einzelne Muskelfasern innerhalb der Schwielen. Dass diese wohl auch, wenigstens theilweise, im Begriff zu atrophiren sind, geht aus ihrer sonderbaren Form hervor. So ist die in Fig. 10 wiedergegebene Faser an ihrem

mittleren Theile verdünnt. Auch zeigt diese wie auch die um die Schwiele herumliegenden Muskelfasern eine sehr deutliche Längsstreifung. Blutgefässe finden sich beinahe gar nicht innerhalb des Bindegewebes um die Nekrosen herum, und erklärt dieses auch wohl etwas den verlangsamen Einfluss der bindegewebigen Umhüllung auf die Resorption der geronnenen und untergegangenen Gewebe.

Die zwei Monate alten Schwielen stellen sich nur als abgelaufene Processe dar. Möglich ist, dass die einzelnen innerhalb derselben liegenden Muskelfasern noch allmählich verschwinden werden. Sicher ist dieses indessen nicht zu entscheiden, da sich an ihnen keine Spuren von darauf hinweisenden Veränderungen finden. Indessen sprechen doch für diese Möglichkeit die Befunde an der letzten, ein Jahr fünf Monate alten, durch die gleiche Unterbindung erhaltenen Schwiele.

Innerhalb derselben war nämlich auch nicht die geringste Spur einer einzelnen Muskelfaser zu entdecken. Und doch ersetzte diese Schwiele (Taf. I, Fig. 11 u. 12) hier mehr als zwei Drittel der muskulösen Herzwand.

In sehr grosser Ausdehnung zeigt sich hier die Bindegewebsentartung der Muskulatur. Die beigegebene Abbildung lässt dieses auch ohne weiteres deutlich erkennen. Ohne alle vorhergehenden, schon besprochenen Zwischenstadien, die eine nach der Ischämie allmählich auf Bindegewebe hin gerichtete Umwandlung der Herzmuskulatur zeigen, würde schon dieses eine Präparat genügen, um die Richtigkeit und Berechtigung der Anschauung zu erweisen, welche im Verschluss der Kranzarterien eine Ursache für die Entstehung von Schwielen am Herzen sieht. Direct an der, der Unterbindung entsprechenden endocardialen Seite des Herzens, beginnt die fibröse Partie, um sich dann in der am Pericard sichtbaren Richtung der gesperrten Coronararterie fortzusetzen. Hiermit ist also ein experimenteller Beweis für die Möglichkeit des myomalacischen Processes gegeben, welche Möglichkeit gleichwohl im Allgemeinen schon vorher anerkannt war.

Indessen ist an diesem Präparat auch noch etwas anderes zu beachten. Bei Besprechung der Befunde der fünften Woche, wurde auf die dort schon auffallend hervortretende Verdünnung der Herzwand aufmerksam gemacht. Diese ist hier in noch viel höherem Grade vorhanden. Es ist nun leicht einzusehen, welche Folgen eine solche Verdünnung für das Herz haben muss. Die dünne Muskelschicht, welche an der pericardialen Fläche des Herzens liegt, befindet sich, der übrigen Muskulatur des Herzens gegenüber, bedeutend im Rückstand. Die fibröse Auskleidung derselben an der endocardialen Seite besitzt keine Contractilität. Bei dem grossen Druck, der bei jeder systolischen Zu-

sammenziehung des Herzens auf die Wand einwirkt, ist es natürlich, dass dieser Theil der Herzwand nicht demselben einen gleichen Widerstand wie die übrige sich contrahirende Herzwand entgegensetzen kann. Die natürliche Folge hiervon ist, dass diese Partie alsdann gedehnt werden muss. Aber die Dehnung allein wird schon als mögliche Ursache einer Schwielenbildung angesehen<sup>1</sup>. Wir haben hier also einen wahren Kreislauf schädigender Einflüsse, welcher uns das bisweilen gänzliche Verschwinden der Muskulatur der Herzwand verstehen lässt. Dass als Folge einer Myomalacie eine partielle Aneurysmenbildung oft eingetreten ist, bedarf wohl weiter keiner Erklärung.

In der gegebenen Beschreibung des myomalacischen Processes ist schon mehrfach darauf hingewiesen, dass es mir mit den benutzten Reagentien nicht gelungen ist, Fett in den durch Ischämie nekrotischen Muskelfasern nachzuweisen. Leider hatte mein Material schon so lange in Alkohol gelegen, als ich auf diesen, sich in allen Stadien wiederholenden Befund aufmerksam wurde, dass eine Controllprüfung der zwei und mehr Wochen alten Präparate mit Osmiumsäure nicht mehr möglich war. Da indessen die Prüfungen mit Essigsäure und Aether an frischen, oder nur einen Tag in Alkohol gelegenen Theilen ausgeführt worden sind, möchte ich ihnen doch nicht jede Bedeutung absprechen. Dieses umsoweniger, als meine Beobachtung an den Herzinfarcten nicht gänzlich einer Analogie entbehrt. Foà<sup>2</sup> hat nämlich auch an Niereninfarcten die Thatsache gefunden, dass diese bei ihrer Resorption keine Fettwandlung durchmachen. Ob wir hierin ein für die Resorption der Coagulationsnekrosen allgemein gültiges Verhalten haben, oder ob diese übereinstimmenden Befunde nur vereinzelt dastehen und von möglichen Zufälligkeiten abhängig gewesen sind, muss durch Forschungen auf anderen Gebieten entschieden werden.

Das Verhalten des Endocards muss auch noch berührt werden. Da es hauptsächlich im Plane dieser Arbeit lag, die Veränderungen des Myocards zu studiren, so wurde dem Endocard nur eine geringe Aufmerksamkeit geschenkt. Indessen müssen einige Punkte doch erwähnt werden. Im Stadium der Coagulationsnekrose wurde das Endocard nie gefunden. Auch directe Veränderungen waren nicht zu finden, wenn man von der Verdickung oder Quellung absieht, die sich bisweilen nachweisen liess, wo der nekrotische Heerd demselben sehr nahe lag.

---

<sup>1</sup> Weigert, *Centralblatt f. allgem. Pathologie u. patholog. Anatomie*. Bd. I. Bericht über die Verhandlungen d. pathol.-anat. Section auf d. X. internationalen medicinischen Congress zu Berlin 1890.

<sup>2</sup> a. a. O.

Ein anderer Befund weist indessen mehr auf eine Betheiligung hin. Es wurden nämlich stets thrombenartige Massen am Endocard der ergriffenen Muskelpartie angetroffen. Dieses macht wohl die Annahme wahrscheinlich dass dasselbe doch secundär mit ergriffen war, wenn auch nicht in solchem Grade, dass es bei dem demselben gewidmeten flüchtigen Beobachten auffiel. Die Verschmelzung des Endocards mit dem fibrösen Ersatz der untergegangenen Muskulatur im Fall X führt aber von selbst nothgedrungen zu einer Erwähnung desselben. Gleichzeitig ist es wohl berechtigt, darauf aufmerksam zu machen, dass man, auf diesen Befund gestützt, bei Beurtheilung sehniger Flecken am Endocard die Genese derselben mehr berücksichtigen muss. Man darf nach dem gesagten nicht ohne weiteres jede schwielige Verdickung des Endocards als Residuen einer an demselben abgelaufenen Entzündung betrachten, welche auch auf die Muskulatur übergegangen ist, sondern muss auch die Möglichkeit des umgekehrten Weges in Betracht ziehen.

Die Schilderungen über den Gang der Veränderungen im Laufe der Myomalacie, wie sie von Tautain<sup>1</sup> und Ziegler<sup>2</sup> gegeben worden sind, stimmen in ihren Hauptzügen wohl mit den von mir gefundenen allmählichen Veränderungen überein. Allerdings tritt es bei Vergleich der Beschreibung von Tautain mit meinen Befunden etwas hervor, dass dieser stets eine rothe Erweichung gefunden hat, trotzdem auch nach seiner Beschreibung das Anfangstadium wohl ein weisser Infarct ist. Es ist leicht möglich, dass es sich oft so bei Herden an menschlichen Herzen verhalten wird, da bei denselben gleichzeitig mit dem Verschluss des Lumens der Arterien auch eine Veränderung in der Beschaffenheit der Arterienwand vorhanden ist. Diese sclerotische Veränderung der Arterien prädisponirt aber, wie bekannt, an und für sich zu Blutungen.

Aus Ziegler's Beschreibungen geht es indessen hervor, dass ein hämorrhagischer Herd sich nicht stets auszubilden braucht, und dass auch am menschlichen Herzen nur eine gelbe Erweichung eintreten kann. Mit diesen Fällen stehen meine beschriebenen Präparate mehr in Uebereinstimmung, da ich überhaupt nur selten und dann auch nur unbedeutende Blutextravasate beobachtet habe.

Weder Tautain noch Ziegler erwähnen dagegen die in der Umgebung um die Nekrose herum auftretende Kernwucherung an den Muskelementen. Tautain bespricht diese Zone folgendermassen: „à la périphérie on observe une zone d'un rouge plus au moins foncé, dans

<sup>1</sup> De quelques lésions des artères coronaires comme cause d'altération du myocarde. 1878.

<sup>2</sup> Lehrbuch der speciellen pathologischen Anatomie. 1887.



laquelle le microscope fait constater la présence de fibres normales encore régulièrement striées, de fibres musculaires granuleuses et, enfin, dépôts de leucocytes et d'hématies.“ Später spricht er nur von einer „entzündliche periphere“.

Ziegler spricht sich ähnlich aus. Auch nach ihm treten Rundzellen aus, welche sich an der Resorption der Nekrosen betheiligen. Weiter entsteht in der Umgebung der Herde gefässhaltiges Keimgewebe und Bindegewebe. Indessen sind ihm auch Veränderungen an den Muskelkernen vorgekommen, wie die beigegebene Abbildung zeigt. In dieser finden sich einzelne grosse Muskelkerne, welche er als gequollen bezeichnet und also als Zeichen eines regressiven Vorganges auffasst.

Auf diese hatte früher schon Weigert<sup>1</sup> hingewiesen und in ihrem Auftreten eine Tendenz zur Neubildung erkannt.

Hubert<sup>2</sup> hat auch öfters grosse Kerne beobachtet, die theils einzeln, theils in dichten Gruppen zusammengelagert vorkamen und die sich durch mannigfaltige Gestalt und starkes Tinctivvermögen auszeichneten. Er kann sie ihrem ganzen Habitus nach für nichts anderes als Abkömmlinge der Muskelkerne halten, welche durch Theilungen entstanden sind.

Sternberg<sup>3</sup> beschreibt auch solche enorm vergrösserte Kerne und hat ausserdem auch noch in einzelnen Muskelquerschnitten Vacuolen gesehen, in denen sich mehrfache Kerne voranden. Aus ihrer unregelmässigen Gestalt schliesst er aber, dass dieses Zerfallserscheinungen sein müssen.

Nach den von mir gesehenen Befunden möchte ich aber diese Anschauung Ziegler's und Sternberg's in Frage stellen und dieses speciell mit aus dem Grunde, dass in der von Ziegler gegebenen Abbildung die vergrösserten Kerne in ihrer Lage zu den Nekrosen ganz mit den von mir gefundenen Karyokinesen und Kernwucherungen übereinstimmen. Ich schliesse mich hiernach Hubert und speciell Weigert an, der aus seinen Untersuchungen der chronischen Myocarditis am menschlichen Herzen, diesen Gebilden eine ganz ähnliche Deutung gegeben hat, wie sie sich auch aus meinen Befunden ersehen lässt, und welche Ansicht schon bei Besprechung der Befunde der ersten Woche, wenn auch in anderer Beziehung dargelegt worden ist.

<sup>1</sup> Volkmann's *Vorträge*. Nr. 162—163. Die Bright'sche Nierenerkrankung vom pathologisch-anatomischen Standpunkte.

<sup>2</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXXIX. Ueber den Einfluss der Herzarterienkrankungen auf das Herz und die chronische Myocarditis.

<sup>3</sup> a. a. O.

Sowohl Ziegler wie Tautain haben fettige Bestandtheile unter den zerfallenen nekrotischen Massen gefunden. Dieses spricht allerdings etwas gegen die von mir angenommene Resorption derselben ohne vorherige Fettwandlung. Da die beiden Forscher aber nicht die Veränderungen der die Nekrosen umgebenden Muskulatur für sich beachtet haben und ich auch in dieser eine Fettmetamorphose gefunden habe, so kann ich ihren Befunden keinen allzugrossen Werth für die Entscheidung dieser Frage beilegen. Dasselbe gilt auch von den Untersuchungen Loeb's und Sternberg's.

### Schlussfolgerungen.

Die Ergebnisse meiner Untersuchung möchte ich folgendermassen zusammenfassen.

Als erstes Zeichen von Veränderungen im Myocard nach Verschluss eines Astes der Coronararterien tritt eine Coagulationsnekrose der von der Ischämie betroffenen Partien ein. Diese hat sich innerhalb 24 Stunden schon vollkommen ausgebildet. (S. Taf. I, Fig. 1.)

In Folge des von den Nekrosen gesetzten Reizes wird auch das von der Blutsperrre nicht betroffene Gebiet der angrenzenden Muskulatur mit an dem Process betheiligt und zwar schon innerhalb der ersten 48 Stunden. Dieses geht deutlich aus den zahlreichen nach dieser Zeit gefundenen Mitosen hervor. (S. Taf. I, Fig. 2.)

Dieser Reiz führt zu einer bedeutenden Wucherung der Muskelkerne, welche die an die Nekrosen grenzenden Primitivbündel anfüllt. In demselben Masse, wie diese Wucherung entsteht, geht auch das Muskelparenchym unter, und zwar tritt hier nach Zerklüftung und queren Zerfall eine wenn auch nur gering ausgesprochene Fettwandlung desselben auf. (S. Taf. I, Figg. 4, 5 u. 6.)

Aber nicht nur auf die Muskelkerne wirkt der Reiz der nekrotischen Massen ein. Auch das Bindegewebe und die feinen Gefässe beginnen zu wuchern.

Diese myomalacischen Herde liegen in der Herzwand zerstreut durch gesunde Muskulatur oft von einander getrennt und besitzen sehr verschiedene Grössen. (S. Taf. I, Fig. 3.)

Von den erwähnten Wucherungen ist indessen die der Muskelkerne nur transitorischer Natur und zieht keine Neubildung von Muskelfasern nach sich. Im Laufe der zweiten Woche, nach Verschluss des zuführenden Astes der Coronararterien, sind diese zahlreichen Muskelkerne schon beinahe vollkommen verschwunden. Gebilde welche auf Kern-

zerfall hindeuten, sind indessen zu dieser Zeit noch vorhanden. (S. Taf. I, Fig. 7.)

Im Laufe der dritten Woche beginnt das aus Gefäss- und Bindegewebswucherung entstandene junge Keimgewebe zu schrumpfen und die Natur von gewöhnlichem fibrillären Bindegewebe anzunehmen. Gleichzeitig treten auch Rundzellenanhäufungen auf.

Die Schrumpfung des Bindegewebes führt zu einer Abgrenzung der Nekrosen von dem nicht alterirten Muskelgewebe. Zu dieser Zeit, in der vierten Woche des Processes, treten auch Rundzellen in das Innere der nekrotischen Substanz ein. (S. Taf. I, Fig. 8.)

Durch diese Schrumpfung verdünnt sich die Herzwand bedeutend und kann unter Beihülfe der mitwirkenden Resorption, wo die Verhältnisse günstig liegen, innerhalb fünf Wochen schon grosse Veränderungen in der Dicke der Herzwand herbeigeführt haben. (S. Taf. I, Fig. 9.)

In der siebenten Woche sind die von der Ischämie hervorgerufenen kleinen Herde schon durch zerstörende bindegewebige Schwielen ersetzt. In grösseren Herden können sich indessen noch nekrotische Massen in verschiedenen Stadien des Zerfalles unresorbirt erhalten haben. (S. Taf. I, Fig. 10.)

Zwei Monate alte Herde bestehen aus festem, derbfibrösen Bindegewebe, in welchem sich einzelne erhaltene Muskelfasern noch vorfinden.

Doch auch diese verschwinden allmählich und als schliessliches Resultat des Processes findet sich eine reine, derbfibröse, bindegewebige Schwielle vor, die keine Muskelelemente mehr in sich einschliesst. Hierdurch wird die Herzwand an dieser Stelle geschwächt und somit günstige Bedingungen zur Bildung eines partiellen Aneurysmas gegeben. (S. Taf. I, Fig. 11 u. 12.)

Die Infarcte geben bis zu ihrem vollständigen Verschwinden keine deutliche Fettreaction, so dass die Annahme einer Resorption ohne vorherige Fettwandlung für dieselben wahrscheinlich erscheint.

Liegen die myomalacischen Herde in der Nähe der Endocards, so betheiligt sich dieses auch an dem Process, wie es aus der Bildung der Thromben an derselben und aus dem schliesslichen Verschmelzen mit der Schwielle hervorgeht. (S. Taf. I, Fig. 11 u. 12.)

Fig. 1

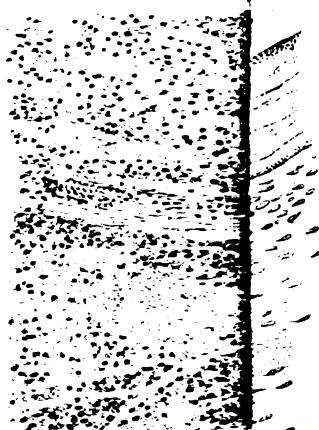


Fig. 2

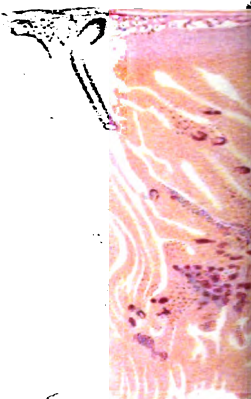


Fig. 6



Fig. 9.

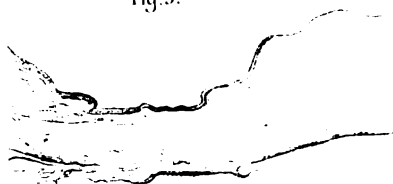
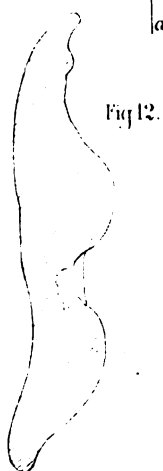


Fig. 11.



Fig. 12.





## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. I.)

**Fig. 1.** 24 Stunden alter Herzinfarkt. Die kernlosen Stellen befinden sich im Stadium der Coagulationsnekrose. Hämatoxylinpräparat. Zeiss Oc. 1. Obj. D.

**Fig. 2.** Karyokinesen der Muskelkerne aus der Umgebung der 4 Tage alten Infarcte. In *b* und *c* sind die Knäuelformen schematisirt wiedergegeben, da die Dichte derselben eine naturgetreue Wiedergabe nicht ermöglichte. Saffranin und Pikrinsäurepräparat Zeiss Oc. 2. Oelimmersion System  $\frac{1}{18}$ .

**Fig. 3.** Querschnitt durch die Herzwand eines 7 Tage nach der Unterbindung getödteten Hundes. Die dunklen rothvioletten Stellen bestehen aus nekrotischen Muskelfasern; die blauvioletten geben die Kernvermehrung an. Alauncarminpräparat. Zeiss Oc. 2. Obj. aa.

**Fig. 4.** Ein in Zerfall befindliches Muskelbündel aus demselben Herz wie in Fig. III. Alauncarminpräparat. Zeiss Oc. 2. Obj. E.

**Fig. 5.** Muskelquerschnitte aus der Umgebung 7 Tage alter Infarcte. Unter Verschiebung gezeichnet. Saffraninpräparat. Zeiss Oc. 1. Oelimmersion System  $\frac{1}{18}$ .

**Fig. 6.** Partie aus der Grenze der Nekrosen und der umgebenden Zone eines 7 Tage alten Infarctes. Saffraninpräparat. Zeiss Oc. 1. Oelimmersion System  $\frac{1}{18}$ .

**Fig. 7.** Partie aus dem Grenzgebiet eines 2 Wochen alten Infarctes. Fuchsinpräparat. Zeiss Oc. 1. Obj. D.

**Fig. 8.** 4 Wochen alte Herde. Bismarckbraunpräparat. Zeiss Oc. 1. Obj. E.

**Fig. 9.** Querschnitt durch die Herzwand eines 5 Wochen nach der Umstechung getödteten Hundes. Hämatoxylinpräparat. Zeiss Oc. 1. Obj. aa.

**Fig. 10.** Schwielenbildung 7 Wochen nach der Unterbindung. Hämatoxylin- und Eosinpräparat. Zeiss Oc. 1. Obj. E.

**Fig. 11.** Ansicht der endocardialen Seite der Wand des linken Ventrikels eines, 1 Jahr u. 5 Monate nach der Unterbindung getödteten Hundes. In  $\frac{3}{4}$  Grösse gezeichnet.

**Fig. 12.** Schnitt durch die Herzwand des in Fig. 11 wiedergegebenen Herzens längs aa. Dieselbe Grösse.

# Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels.<sup>1</sup>

Von

C. G. Santesson.

Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

## Zweite Abhandlung.

### Ueber Muskelzuckungen und mechanische Arbeit bei Ueberlastungsversuchen.

---

#### Einleitung.

Bei den Versuchen, welche ich in zwei vorher veröffentlichten Abhandlungen<sup>2</sup> über die mechanische Kraftentwicklung des Muskels beschrieben habe, war es den Gewichten möglich, den Muskel schon vor Beginn der Zuckungen auszudehnen und ihm die Initialspannung des belastenden Gewichtes zu ertheilen. Dabei wurde aber die Initiallänge des Muskels geändert. Des Vergleiches wegen und besonders, um den Einfluss verschiedener Anfangsspannungen auf die Kraftproduction des Muskels in einer Weise zu studiren, welche die grosse Bedeutung derselben scharf hervortreten lässt, habe ich eine Reihe sogenannter Ueberlastungsversuche ausgeführt, bei welchen der Muskel, von einer gewissen initialen Länge und Spannung ausgehend, bei seiner Contraction verschiedene Gewichte, schwerer als dasjenige, welches ihm die Anfangsspannung ertheilte, heben musste.

Die Ueberlastungsmethode wurde schon von Valentin<sup>3</sup> (1844)

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 10. October 1891.

<sup>2</sup> *Dies Archiv.* Bd. I. S. 3—66 und Bd. III. S. 382—437.

<sup>3</sup> Der sogenannte Schwann'sche Versuch kann nicht in methodischer Beziehung ein Ueberlastungsversuch in Helmholtz'schem Sinne genannt werden da bei erstgenanntem Versuche die initiale Länge und Spannung des Muskels nicht dieselbe blieb. Am nächsten würde man den Schwann'schen Versuch mit den „Unterstützungsversuchen“ von v. Kries u. v. Frey vergleichen können.

bei seinen Versuchen, vermittels eines Dynamometers die Kraft des Muskels zu bestimmen, angewendet. Seine volle methodische Entwicklung erhielt dieses Verfahren eigentlich erst durch Helmholtz<sup>1</sup> indem er — unter Anwendung der Pouillet'schen Zeitmessungsmethode — bestimmte, wie viel Zeit (nach einer einzigen Reizung) für den Muskel nöthig war, um bei unveränderter Länge seine Spannung um eine gewisse Grösse zu vermehren. Den so gewonnenen Zahlen gemäss construirte Helmholtz eine sogenannte Energiecurve<sup>2</sup>, wobei die Abstände der Abscisse die Zeit und die Ordinaten diejenigen Spannungszunahmen bezeichneten, welche der Muskel innerhalb der bestimmten Zeitperioden entwickelt hatte. Diese Curve steigt erst mit zu-, dann mit abnehmender Schnelligkeit. Der Verlauf der Kraftentwicklung bei verhinderter Contraction stimmt nach diesen Versuchen der Hauptsache nach mit dem allgemeinen Gange der Verkürzung des Muskels bei unbehinderter Contraction und (relativ) gleichbleibender Spannung überein. Weiter hat Helmholtz gefunden, dass der Muskel bei höherer Anfangsspannung längere Zeit braucht um seine Spannung in demselben Grade zu vermehren, wie bei geringerer Initialtension, woraus folgt, dass die Energiecurve in jenem Falle niedriger wird (s. a. a. O. S. 807 und fig.). — Er theilt hierüber keine Versuchsbeispiele mit, und ich kann daher nicht angeben, wie gross die angewendeten Initialspannungen und Ueberlastungen waren. Aehnlich wie die höhere Anfangsspannung wirken auch Ermüdung und untermaximale Reizung: die Zeit, welche für den Muskel nöthig ist, um seine Spannung um einen gewissen Werth zu vermehren, wird um so länger, je schwächer die Reizung ist. Dagegen wird weder die Grösse noch der zeitliche Verlauf der Kraftentwicklung dadurch influiert, dass die Stärke des Reizmittels innerhalb derjenigen Grenzen variirt, welche maximale Zuckungen hervorrufen.

Die Methode hat später von mehreren Forschern zum Studium verschiedener Fragen innerhalb der Muskelphysiologie Anwendung gefunden. Hermann<sup>3</sup> machte damit Versuche, um das Verhältniss zwischen Reizstärke und Muskelarbeit festzustellen, Heidenhain<sup>4</sup> solche

<sup>1</sup> Helmholtz: „Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln...“ Joh. Müller's *Archiv für Anatomie und Physiologie* 1850. S. 288 — 289. (Vergl. Helmholtz: *Wissenschaftl. Abhandl.* Leipzig 1883. II. Abtheil. 2. S. 775).

<sup>2</sup> Siehe *Wissenschaftl. Abhandl.* S. 793 und Taf. V Fig. 4.

<sup>3</sup> L. Hermann, *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin.* 1861. S. 369—393.

<sup>4</sup> Heidenhain, *Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung u. Stoffumsatz bei der Muskelarbeit.* Leipzig 1864.



über Arbeit und Wärmeentwicklung des Muskels, besonders in deren Beziehung zur Spannung, Place<sup>1</sup> über den zeitlichen Verlauf und die mechanische Leistung bei auxotonischen<sup>2</sup> Muskelzuckungen u. s. w.

Die Ueberlastungsversuche sind bekanntlich so angeordnet, dass man dem Muskel durch Belastung mit einem kleinen Gewichte, z. B. 10<sup>g</sup>, eine entsprechende Anfangsspannung giebt, dann den Schreibhebel unterstützt und ihn mit einem grösseren Gewichte, z. B. 50 oder 100<sup>g</sup> belastet. Wurde der Muskel nun gereizt, musste er, ehe er das Gewicht in Bewegung setzen und damit die Verkürzung beginnen konnte — seine Spannung von 10<sup>g</sup> bis auf 50<sup>g</sup> oder 100<sup>g</sup> vermehren. Diejenige Spannungszunahme, welche sich nicht durch äussere Arbeit kundgiebt und unmittelbar nach Beendigung der Latenzzeit vor sich geht, nenne ich den latenten Spannungszuwachs des Muskels. Darnach folgt, wenn die Ueberlastung nicht zu gross war, die Verkürzung, und der Muskel führt dabei eine mechanische Arbeit aus.

Bei diesen Versuchen wollen wir nun zuerst betrachten, wie sich die Zuckungshöhen bei Variationen dieser Versuchsanordnung mit sowohl isotonischem als auxotonischem Zuckungsverlauf, mit maximaler und untermaximaler Reizung (Cap. I) verhalten, und danach die bei diesen Versuchen ausgeführte mechanische Arbeit studiren (Cap. II.) In einem später erscheinenden Aufsatze werden schliesslich einige Beobachtungen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs der Ueberlastungszuckungen mitgetheilt werden.

### Capitel I.

#### Ueber die Zuckungshöhen bei Ueberlastungsversuchen.

Bei Versuchen dieser Art mit isotonischer Anordnung während der Verkürzung war das Gewicht direct unter dem Schreibhebel an einem Faden hängend angebracht. Bei den Zuckungen mit auxotonischem Verlauf wurde der Faden, vom Hebel ausgehend, unter eine Rolle gelegt und in derselben Art, wie in den vorher ausgeführten Experimenten mit der Spiralfeder verbunden, wobei derselben in den

<sup>1</sup> T. Place, *De contractie-golf der willekeurige spieren*. Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrecht'sche Hoogeschool. Tweede reeks. I. 1868. S. 73—138.

<sup>2</sup> „Auxotonisch“ nenne ich eine Muskelzuckung, die mit stetig zunehmender Spannung vor sich geht, indem der Muskel z. B. eine Spiralfeder ausdehnt. S. dieses Archiv. Bd. III. S. 382.

hierher gehörigen Versuchen durch Gewichte eine Spannung beigebracht wurde, die grösser war als die Initialtension des Muskels.

a) Isotonische Anordnung.

Ich theile hier zuerst eine Zusammenstellung der Zuckungshöhen einiger isotonischer Ueberlastungsversuche mit, wobei ich auch die absoluten Differenzen und die Relationen zwischen denselben bei zunehmender Ueberlastung angebe.

Tabelle I.  
Ueberlastung, Isotonie, maximale Reizung.

10° Anfangsspannung:

Versuch	Totalbelastung und (innerhalb der Paranthesen) entsprechender latenter Spannungszuwachs	10°	50°	100°	150°	200°	250°	300°
		(0) <sup>1</sup>	(40)	(90)	(140)	(190)	(240)	(290)
50	Zuckungshöhe	2.65	1.18	0.88	0.68	0.47	0.32	0.21
51	"	2.68	1.38	1.05	0.84	0.64	0.49	0.31
50	Differenzen und Relationen	1.47	0.30	0.20	0.21	0.15	0.11	
		2.25:1	1.35:1	1.29:1	1.45:1	1.47:1	1.52:1	
51	Differenzen und Relationen	1.80	0.33	0.21	0.20	0.15	0.18	
		1.94:1	1.31:1	1.25:1	1.81:1	1.33:1	1.58:1	

100° Anfangsspannung:

Versuch	Totalbelastung und latenter Spannungszuwachs	100°	200°	300°	400°	450°
		(0) <sup>1</sup>	(100)	(200)	(300)	(350)
51	Zuckungshöhe	1.47	0.89	0.608	—	—
52	"	1.06	0.65	0.41	0.22	0.07
51	Differenzen und Relationen	0.58	0.29	—	—	—
		1.65:1	1.48:1	—	—	—
52	Differenzen und Relationen	0.41	0.24	0.19	0.15	
		1.63:1	1.59:1	1.86:1	3:1	

<sup>1</sup> Bei den Bestimmungen dieser Columnne, welche des Vergleiches wegen mitgenommen sind, hat keine Ueberlastung stattgefunden.

Aus der Tabelle geht hervor, dass — wie Heidenhain längst gezeigt hat, und wie es auch zu erwarten war — bei unveränderter geringerer oder grösserer Anfangsspannung die Zuckungshöhen mit wachsender Ueberlastung immerfort abnehmen. Die absoluten Differenzen zeigen, dass diese Abnahme zuerst, d. h. beim Uebergang z. B. von 10 zu 50% Totalbelastung, rascher vor sich geht als später, wenn die Belastung z. B. von 200 bis 300% erhöht wurde. Was die Relationszahlen betrifft, so geben diese an, dass die Zuckungshöhen mit wachsender Ueberlastung auch relativ zuerst schnell, dann langsamer (endlich wieder schneller) abnehmen.

Wenn man die Zuckungshöhen bei verschiedener Anfangsspannung mit einander vergleicht, geht daraus hervor, dass dann, wenn der Muskel in jedem Falle dieselbe Belastung hebt, die Zuckung um so höher wird, je grösser die Anfangsspannung war. Diese Thatsachen zeigen schon einige Versuche von Heidenhain<sup>1</sup> — und das war ja auch zu erwarten, da der Muskel bei grösserer Anfangsspannung keine so grosse Kraft und nicht so viel Zeit zu opfern genöthigt war, um vor Anfang der Zuckung seine Spannung zu erhöhen. Die hierbei nöthige Kraft könnte in der That kleiner sein als bei geringerer Initialtension, obgleich die Zuckung höher wird. Dass die Kraftentwicklung des Muskels durch höhere Anfangsspannung gesteigert wird, hat Feuerstein<sup>2</sup> dadurch gezeigt, dass er bei verschiedenen Initialspannungen die grösste Ueberlastung, welche der Muskel nur um ein Minimum zu bewegen vermochte, oder mit anderen Worten die absolute Kraft des Muskels bestimmte und diese bei höherer Anfangsspannung grösser fand. Auch hat er bei Ueberlastungsversuchen mit höherer Initialtension grössere Zuckungen erreicht, theilt aber keine nähere Angaben mit. Unter meinen Versuchen giebt es indessen Beispiele, welche unzweideutig zeigen, dass bei grösserer Anfangsspannung die Kraftentwicklung des Muskels erhöht wird. Es hat sich nämlich in einigen Fällen erwiesen, dass der Muskel bei einer höheren Initialspannung grössere oder ungefähr eben so grosse Zuckungen als bei einer niedrigeren ausgeführt hat, obgleich in jenem Falle der latente Spannungszuwachs eben so gross oder grösser als in diesem war und obgleich der Muskel während des Verkürzungsstadiums in jenem Falle eine bedeutend grössere Totalbelastung als im letzteren heben musste:

<sup>1</sup> Heidenhain, a. a. O., S. 107—111.

<sup>2</sup> Feuerstein, F. A., Zur Lehre von der absoluten Muskelkraft. Pflüger's Archiv. Bd. 48. 1888. S. 347—367.

Tabelle II.

Versuch	Anfangs- spannung	Latenter Span- nungszuw.	Total- belastung	Zuckungs- höhe
	g	g	g	mm
52	100	100	200	0.65
	10	90	100	0.57
	100	200	300	0.41
	10	190	200	0.25
51	100	200	300	0.60
	10	190	200	0.64

Versuche mit auxotonischem Zuckungsverlauf haben, wie unten (S. 55 — 58) gezeigt werden wird, von dieser Thatsache noch mehr Beispiele geliefert. Auf die Bedeutung dieser Versuche und ihr Verhalten zu den oben (S. 49) genannten Heidenhain'schen werde ich später etwas näher eingehen.

Ein Blick auf Tabelle I zeigt auch, dass die Zuckungshöhen bei grosser Anfangsspannung absolut wie relativ weniger schnell abnehmen als bei einer geringeren Initialtension und bei demselben Zuwachs der Belastung (gleich grosser latenter Spannungserhöhung), wie aus folgender Zusammenstellung besser hervorgeht:

Tabelle III.

Differenz- und Relationszahlen zwischen den Zuckungshöhen bei zunehmender Ueberlastung (Isotonie; maximale Reizung).

Versuch	Anfangs- spannung	Latenter Span- nungszuw.	Total- belastung	Absolute Diffe- renzen	Relationen
	g	g	g	mm	
51	10	0	10	1.63	1
	10	90	100	0.41	0.392
	10	190	200		0.239
	100	0	100	0.58	1
	100	100	200	0.287	0.605
	100	200	300		0.408
52	10	0	10	1.18	1
	10	90	100	0.32	0.326
	10	190	200		0.143
	100	0	100	0.41	1
	100	100	200	0.24	0.613
	100	200	300		0.387

4\*

Die weniger schnelle Abnahme der Zuckungshöhen bei grösserer Anfangsspannung und zunehmender Totalbelastung hat wahrscheinlich zum grössten Theil ihren Grund darin, dass die Zuckungen durchgehends niedriger sind als bei geringerer Initialtension, und dass besonders die Zuckungshöhen ohne Ueberlastung, von welchen ich bei dem Vergleiche ausgehe, bei der grösseren Anfangsspannung bedeutend kleiner sind. Tab. III deutet aber auch darauf hin, dass die Zuckungen bei grösserer Anfangstension mit zunehmender Ueberlastung sich besser auf der Höhe erhalten: nicht nur dass sie bei demselben Zuwachs in der Ueberlastung weniger schnell abnehmen; sie erreichen auch, wie ich unten (S. 53) weiter behandeln werde, ihr Minimum erst bei einer bedeutend grösseren Totalbelastung als die Zuckungen mit niedrigerer Anfangsspannung (vergl. oben Feuerstein).

Wenn man die Zuckungshöhen ohne und mit Ueberlastung vergleicht, findet man, dass jene grösser sind und bei steigender Belastung weniger schnell abnehmen als diese. Dies war wohl auch aller Wahrscheinlichkeit nach zu erwarten, da der Muskel, schon vor Beginn der Zuckung vom Gewichte direct belastet, von Haus aus die ganze ausgelöste Kraftsumme für die Bewegung des Gewichtes anwenden kann. Dieses Verhältniss wird durch folgende Zusammenstellung, besonders durch Versuch 52, bestätigt:

Tabelle IV.

Vergleich zwischen den Zuckungshöhen bei steigender directer Belastung und bei zunehmender Ueberlastung.

Versuch	Anordnung	Zuckungshöhen in mm bei folgenden Belastungen			
		10 <sup>g</sup>	100 <sup>g</sup>	200 <sup>g</sup>	300 <sup>g</sup>
51	a) Keine Ueberlastung . . . . .	2.68 (1) <sup>1</sup>	1.47 (25)	—	—
	b) Ueberlast.; Anfangsspannung 10 <sup>g</sup>	—	1.05 (7)	0.64 (19)	0.31 (19)
	c) „ „ 100 <sup>g</sup>	—	—	0.89 (28)	0.60 (31)
52	a) Keine Ueberlastung . . . . .	1.75 (1)	1.08 (27)	—	0.71 (43)
	Differenz . . . . .	0.67		0.37	
	b) Ueberlast.; Anfangsspannung 10 <sup>g</sup>	1.75 (1)	0.57 (4)	0.25 (10)	0 (17)
	Differenz . . . . .	1.12		> 0.57	
	c) Ueberlast.; Anfangsspannung 100 <sup>g</sup>	—	1.08 (27)	0.71 (30)	0.41 (31)
	Differenz . . . . .	0.67			

<sup>1</sup> Die Ziffern innerhalb der Paranthesen geben die Ordnung der einzelnen Bestimmungen im Versuche an.

Bei einer bestimmten Totalbelastung sind also die Zuckungshöhen ohne Ueberlastung am grössten, dann diejenigen mit Ueberlastung und grosser Anfangsspannung, und am kleinsten diejenigen mit Ueberlastung und geringer Initialtension. Aus Versuch 52 (a), Tab. IV, geht hervor, dass der Muskel bei directer Belastung mit 300 \* höher zuckt, als wenn er, von 10 \* Anfangsspannung ausgehend, 100 \* (b) heben soll, und ebenso hoch, als wenn er bei 100 \* Initialspannung 200 \* (c) zu bewegen hat. Auch diese Thatsache zeigt, wie viel darauf ankommt, dass es dem Muskel gestattet wird, das Gewicht unmittelbar anzugreifen, auf dasselbe seine ganze, von der Reizung ausgelöste Kraft und soviel als möglich von derjenigen kurzen Zeit anzuwenden, während der die Kraftentwicklung des Muskels nach einem einzelnen Inductionsschlage dauert.

Bei Ueberlastungsanordnung (und maximaler Reizung) erreichen die Zuckungshöhen, wie oben angedeutet, ihr Minimum bei um so geringerer Totalbelastung, je niedriger die Initialspannung ist. Da meine Versuche auf das Studium dieser Frage nicht direct gerichtet waren, habe ich von Experimenten mit Isotonie nur ein einziges Beispiel mitzutheilen; unter den auxotonischen Zuckungen befindet sich aber eine grössere Anzahl, welche diese Thatsache bestätigt (s. unten S. 59 u. f.). In Versuch 52 wurde bei Isotonie, 10 \* Anfangsspannung und 300 \* Totalbelastung keine Zuckung mehr, bei 100 \* Anfangstension und 450 \* Belastung dagegen eine minimale Zuckung ( $0.071^{mm}$ ) ausgeführt. Bei diesen Bestimmungen wurde dem Muskel die Aufgabe gestellt, einen latenten Spannungszuwachs von 290 \* im ersteren Falle und 350 \* im letzteren zu entwickeln, und dennoch vermochte er in diesem Falle noch 450 \* um ein Weniges zu heben, in jenem Falle dagegen nicht einmal 300 \* in Bewegung zu versetzen — ein eclatanter Beweis für den günstigen Einfluss der grösseren Anfangsspannung. Es fehlen in meinen Versuchen Bestimmungen über die Grösse des Gewichts, welches bei directer Belastung die Zuckungshöhen bis auf das Minimum herunterbringt; dasselbe ist aber sicherlich weit grösser als bei Ueberlastung. Fick<sup>1</sup> hat den Froschgastrocnemius bei directer Belastung mit 1<sup>kg</sup> sich deutlich verkürzen gesehen, und ich erinnere mich, einmal dieselbe Beobachtung gemacht zu haben.

#### b) Auxotonische Anordnung.

Wenn man ferner die Zuckungshöhen bei Auxotonie betrachtet, begegnet man, wie aus der Zusammenstellung der Versuchs-

<sup>1</sup> Fick, Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867. S. 47.

protocolle, Anhang, Tabelle 1, hervorgeht, im grossen Ganzen ziemlich analogen Verhältnissen wie bei Isotonie.

Genannte Tabelle zeigt nun, dass auch bei auxotonischer Anordnung in den meisten Fällen die Zuckungshöhen mit wachsender Ueberlastung immerfort abnehmen, vorausgesetzt, dass die Initialtension — mag sie gross oder klein gewesen sein — constant bleibt. Dasselbe ging aus Place's Versuchen hervor (siehe oben S. 48). — Nur die Bestimmungen Nr. 2 und 4 in meinem Versuch 31, und ebenso Nr. 2 und 4 in Versuch 32 machen hiervon eine Ausnahme, indem in beiden Fällen der Muskel bei 25<sup>s</sup> Anfangsspannung und 50<sup>s</sup> Spannung der Feder eine höhere Zuckung ausgeführt hat, als wenn er mit derselben Initialtension ohne Ueberlastung sich verkürzt hat. Diese scheinbar paradoxe Thatsache erhält aus den Dehnungsverhältnissen der Feder (C) ihre Erklärung, indem dieselbe bei 25<sup>s</sup> Anfangsspannung einen bedeutend grösseren Widerstand als bei 50<sup>s</sup> Initialspannung darbietet. In Versuch 31, Nr. 2 ist daher der totale Spannungszuwachs grösser (98.6<sup>s</sup>) als in Nr. 4 ( $25 + 68.7 = 93.7$ ); in Versuch 32, Nr. 2, ist die Spannungszunahme gleichfalls grösser (94.5<sup>s</sup> gegen  $25 + 63.9 = 88.9$ <sup>s</sup>).

Auch bei auxotonischer Anordnung sind, wie aus Tabelle 1, Anhang, ersichtlich ist, die Zuckungshöhen bei directer Belastung (gesperrte Ziffern, Columne g) die grössten, dann diejenigen bei derselben Ueberlastung und grosser Anfangsspannung, am kleinsten diejenigen mit geringerer Initialspannung (und immer derselben Ueberlastung), und von der Ursache dieser Verhältnisse gilt das von den analogen isotonischen Versuchen oben Gesagte.

Die Spannungs-Zunahme, welche während der auxotonischen Zuckung stattfindet, zeigt (siehe Anhang, Tabelle 1, Columne d) mit wachsender Ueberlastung ein stetiges Abnehmen. Bei geringer Initialspannung verläuft diese Abnahme zuerst schnell, dann immer langsamer; besonders ist die Stufe zwischen der Spannungszunahme bei geringer directer Belastung und bei einer ganz unbedeutenden Ueberlastung (mit derselben Anfangsspannung) ziemlich gross. Die straffen Federn, welche bei niedriger Anfangstension schon für eine geringe Dehnung eine grosse Spannungszunahme entwickelt haben, können ja schon durch ihre Elasticitätsverhältnisse die eben erwähnte Thatsache begründen. Die schwache Feder (E) aber wird bei gleicher Zunahme der Belastung ziemlich gleichförmig gedehnt; und dennoch zeigt es sich, dass der Spannungszuwachs während der Zuckung schon bei einer kleinen latenten Tensionszunahme bedeutend geringer ist (vergl. Anhang, Tabelle 1, Versuch 50, Nr. 2 u. 5; Versuch 28, Nr. 2 u. 4;

Versuch 29, Nr. 2 u. 6; Versuch 30, Nr. 20 u. 22, Nr. 2 u. 4), während ein viel höherer latenter Spannungszuwachs (von 100—200—300  $\sigma$ ) eine nur unbedeutend geringere Tensionsvermehrung im Laufe der Verkürzung mit sich bringt. Hieraus geht hervor, wie viel es für den äusseren mechanischen Effect der Kraftentwicklung des Muskels bedeutet, dass es ihm gleich vom Anfang an, d. h. unmittelbar nach der Reizung, gestattet wird, die Belastung (in diesem Falle die Feder) in Bewegung zu setzen. Der Umstand, dass es dem Muskel nicht sogleich nach der Reizung erlaubt wird, mechanische Arbeit zu leisten, scheint einen bedeutenderen Einfluss auf die Grösse dieser Arbeit auszuüben als der Umstand, dass der Muskel während dieser latenten Periode eine grössere oder geringere Spannung entwickelt.

Bei sehr hoher Initialtension wurde bisweilen wieder der Spannungszuwachs etwas grösser (vgl. Anhang, Tabelle 1, Columne d, Versuch 31, Nr. 8 u. 10, Nr. 26 u. 28; Versuch 32, Nr. 8 u. 10, Nr. 24 und 26); zugleich wurde aber die Zuckungshöhe bedeutend niedriger. Wahrscheinlich sehen wir hier einen Effect davon, dass die Feder bei grosser Spannung wieder etwas schwerer dehnbar zu werden beginnt.

In dieser Darstellung der Verhältnisse der Zuckungshöhen bei Ueberlastungsversuchen habe ich diese Bemerkungen über die Spannungszunahme während der Zuckung eingeschaltet, um in Verbindung damit zu einem schon bei Besprechung der isotonischen Zuckungen (S. 50 u. f.) erwähnten Verhalten zurückzukehren, dass nämlich nicht selten durch eine höhere Anfangsspannung die Kraftentwicklung des Muskels so vermehrt wird, dass trotz einer grösseren Belastung während der Zuckung, trotz grösserer Spannungszunahme sowohl vor als während der Zuckung und trotz grösserer Endspannung die Zuckungshöhe dennoch grösser wird als bei niedriger Initialtension. Die auxotonischen Versuche bieten davon mehrere Beispiele dar, wie aus folgenden Zusammenstellungen, Tab. V und VI (S. 56 und 57), hervorgeht.

Möglicherweise wird man einwenden, dass die mit einander verglichenen Bestimmungen von zahlreichen anderen getrennt waren und dass daher vielleicht allmählich eintretende Reizbarkeitsveränderungen der Präparate — von den mechanischen Bedingungen jeder einzelnen Bestimmung unabhängig — denjenigen Effect haben hervorrufen können, welchen Tab. V zu beleuchten bestimmt ist. Aus der Nummerncolumnne geht aber hervor, dass in mehr als der Hälfte der Fälle die höhere Zuckung später als die niedrigere ausgeführt wurde, während die am Ende jeder Zuckungsserie ausgeführten Controlbestimmungen, mit



Tabelle V.

Grösserer Reizeffect bei höherer Initialtension; Ueberlastung  
maximale Reizung.

Versuch u. Feder	Nr.	Anfangs- span- nung	Total- be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Spangs- zuwachs währ. d. Zuckung	End- span- nung	Zuck- höhe	Diffe- renz
		a	b	c	d	e	f	g
		g	g	g	g	g	mm	mm
52 C	5	10	100	90	23.3	123.8	0.47	} 0.06
	29	100	200	100	28.6	228.6	0.53	
	15	10	250	240	3.9	253.9	0.079	} 0.015
	—	10	300	—	—	—	0	
	35	100	400	300	6	406	0.094	
	8	10	200	190	12.7	212.7	0.18	} 0.15
	32	100	300	200	19.5	319.5	0.33	
	26	5	150	145	9.3	159.3	0.33	} 0.05
	10	25	200	175	11.1	211.1	0.38	
	22	5	50	45	11.8	61.8	0.87	} 0.15
30 E	15	100	150	50	23.6	173.6	1.02	
	24	5	100	95	10.4	110.4	0.56	} 0.18
	17	100	200	100	18	218	0.74	
	19	5	150	145	7.1	157.1	0.24	} 0.08
	—	5	200	—	—	—	0	
	10	25	200	175	19.1	219.1	0.32	} 0.11
	17	5	100	95	21.4	121.4	0.42	
	28	100	200	100	28.5	228.5	0.53	
	17	5	100	95	10.7	110.7	0.17	} 0.29
	—	5	150	—	—	—	0	
32 C	8	25	150	125	14.5	164.5	0.46	} 0.30
	10	25	200	175	16.7	216.7	0.26	
	26	100	200	100	29.3	229.3	0.56	
	6	5	100	95	34.7	134.7	0.40	} 0.19
33 B	19	25	150	125	36.9	186.9	0.59	
	8	5	150	145	16.6	166.6	0.25	} 0.12
	30	100	250	150	22	272	0.87	
	5	10	100	90	17.5	117.5	0.90	} 0.04
53 E	26	100	200	100	23.1	223.1	0.94	

den unter denselben Bedingungen beim Anfang der Serie gemachten verglichen, in den allermeisten Fällen eine, wenn auch schon geringe Verminderung des Reizeffectes während des Versuches (durch Ermüdung; siehe Anhang, Tabelle 2) zeigen. Es scheint mir daher berechtigt, auf die in Tabelle V hervorgehobenen Zuckungsdifferenzen Rücksicht zu nehmen, obgleich sie ziemlich gering sind. Die verglichenen absoluten Zuckungshöhen sind ja auch, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, in den meisten Bestimmungen ziemlich unbedeutend.

Das aus Tabelle V hervorgehende Resultat kann nicht durch die mehrmals besprochene ungleichmässige Dehnbarkeit der Spiralfedern als getrübt angesehen werden, da diese sich hauptsächlich bei geringer Anfangsspannung der Federn geltend macht, und die letztgenannten in sämtlichen hier angeführten Versuchen eine Initialtension von mindestens 100<sup>g</sup> gehabt haben. (Nur in Versuch 30, Nr. 22, war die Anfangsspannung der Feder 50<sup>g</sup>; in diesem Falle galt es aber die schwache Feder *E*, welche schon bei dieser Initialtension einen sehr hohen Grad von Dehnbarkeit erreicht hatte, sogar grösser als bei 150<sup>g</sup> Anfangsspannung; siehe Nr. 15 desselben Versuches, Tabelle V). — Dasselbe Verhältniss trat auch nicht selten in Ueberlastungsversuchen mit untermaximaler Reizstärke und Auxotonie hervor, wie folgende Beispiele zeigen:

Tabelle VI.

Erhöhter Reizeffect bei grösserer Initialspannung: Ueberlastung; Auxotonie; untermaximale Reizung.

Versuch u. Feder	Nr.	Rollen- abstand	Anfangs- span- nung	Total- be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Spangs- zuwachs während d. Zuck.	End- span- nung	Zuck- höhe
			a	b	c	d	e	f
35 B		cm	g	g	g	g	g	mm
	12	10	5	100	95	2	102	0.019
	23	10	50	200	150	3.5	203.5	0.058
	6	11	5	50	45	29.4	79.4	0.15
	18	11	50	100	50	33.2	133.2	0.38
	8	12	5	50	45	12.5	62.5	0.056
	20	12	50	100	50	19.8	119.8	0.214
	34	12	100	150	50	12.8	112.8	0.125

Ver- such und Fe- der	Nr.	Rollen- abstand	Anfangs- span- nung	Total- be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Spangs- zuwachs während d. Zuck.	End- span- nung	Zuck- höhe
		cm	g	g	g	g	g	mm
36 C	16	10	5	100	95	3.8	103.8	0.056
	44	10	50	150	100	5.8	155.8	0.191
	—	10	50	200	—	—	—	0
	58	10	100	200	100	6.8	206.8	0.078
	20	11	5	100	95	3.8	103.8	0.05
	46	11	50	150	100	5.1	155.1	0.17
37 E	4	10	5	50	45	7.4	57.4	0.56
	29	10	50	100	50	13	113	0.68
	14	10	5	100	95	2.3	102.3	0.14
	39	10	50	200	150	6.2	106.2	0.19
	48	10	100	200	100	9.8	209.8	0.31
	6	11	5	50	45	7	57	0.52
	31	11	50	100	50	10.3	110.3	0.55
	8	12	5	50	45	2.6	52.6	0.19
	33	12	50	100	50	5.4	105.4	0.29
	—	13	5	50	—	—	—	0
	35	13	50	100	50	0.6	100.6	0.017
	12	12	5	50	45	4	54	0.29
38 E	26	12	50	100	50	7	107	0.42
	—	12	5	100	—	—	—	0
	28	12	50	150	100	2	152	0.07
	—	13	5	50	—	—	—	0
	22	13	50	100	50	2.1	102.1	0.111
	3 E (schwach.)	12	5	50	45	4	54	0.30
39 verschiedene Federn	10 E	12	50	100	50	8	108	0.43
	11 C (stark)	12	50	100	50	18	118	0.34
	— C u. E	12	5	100	—	—	—	0
	16 E	12	50	150	100	4.3	154.3	0.15
	18 B (stark)	12	50	150	100	4.4	154.4	0.07

Die in Tabelle V und VI mitgetheilten Experimente schliessen sich nahe an die classischen Versuche Heidenhain's, welche bestimmt sind, den Einfluss der grösseren Initialtension auf die Kraftentwicklung des Muskels zu ermitteln. Mit Rücksicht auf die Zunahme des mechanischen Arbeitseffectes bei höherer Anfangsspannung in den Heidenhain'schen Versuchen kann man jedoch die Einwendung machen, dass dabei der latente Spannungszuwachs desto geringer gewesen ist, je grösser die Initialtension war, und dass dann möglicherweise nicht eine grössere, sondern vielleicht sogar eine geringere mechanische Kraftentwicklung des Muskels nöthig gewesen ist, um eine höhere Zuckung auszuführen. In meinen eben mitgetheilten Versuchen war in den verglichenen Bestimmungen die latente Spannungszunahme ungefähr die gleiche, oder sie war bei der Zuckung mit höherer Anfangsspannung sogar grösser, der Tensionszuwachs während der Contraction, die Endspannung und die gehobene Totalbelastung waren bei dieser letztgenannten Zuckung auch grösser, und dessen ungeachtet war bei dieser höheren Initialtension die Zuckung grösser als bei einer niedrigeren. In jenem Falle war die Kraftentwicklung unbedingt erhöht.

In den schon mitgetheilten Versuchsprotocollen (Anhang, Tab. 1) ist eine Thatsache angedeutet, welche aus den Versuchen nicht ganz deutlich hervorgeht, weil ich nicht hinreichend grosse Belastungen angewendet habe; sie stimmt aber mit Feuerstein's Resultaten (siehe oben S. 50) überein. Mit kleiner Anfangsspannung erreichen nämlich die Zuckungshöhen schon bei einer geringeren Belastung ihr Minimum als mit einer grösseren Initialtension.

Einige Versuchsergebnisse, aus Tabelle I, Anhang, ausgezogen und in Tabelle VII (S. 60) zusammengeführt, können als Stütze für die Richtigkeit dieses Satzes angeführt werden.

In diesen Versuchen wurde bei höherer Initialspannung die Belastung nicht bis auf Zuckungshöhe = 0 vermehrt. Im Versuch 52, Nr. 38, wurde jedoch bei 100° Anfangsspannung die Belastung dahin gesteigert, dass eine ganz minimale Zuckung erschien, und dabei zeigte es sich, dass die Belastung mit 150° über diejenige hinaus erhöht werden musste, welche bei 10° Initialspannung die Zuckung zum Verschwinden brachte. Jedenfalls zeigen sämmtliche Versuche in Tabelle VII, dass mit geringster Anfangsspannung die Zuckungshöhen = 0 werden bei einer Belastung, bei welcher mit grösserer Initialtension noch Zuckungen erhalten werden. Diese Zuckungen sind z. B. bei 200° Belastung und 100° Anfangsspannung grösser als mit derselben Belastung und 25° Anfangsspannung, und es wäre sicherlich ganz unberechtigt anzunehmen, dass bei wachsender Belastung die

Zuckungshöhen im vorigen Falle so viel schneller als im letztgenannten vermindert würden, dass sie in beiden Fällen bei derselben Belastung ihr Minimum erreichen könnten.

Tabelle VII.

Ver- such und Fe- der	Nr.	An- fangs- span- nung g	Latent. Span- nungs- zuwachs g	Total- be- lastung g	Totaler Span- nungs- zuwachs g	Zuck- höhe mm	Bemerkungen
52 C	17	10	290	300	< 290	0	(Minimal) Die Zuckung höher als bei Nr. 32 mit gleicher Belastung, erreicht also wahrscheinlich ihr Minim. erst mit grösserer Belastung als bei Nr. 38.
	32	100	200	300	219	0.33	
	38	100	350	450	351.2	0.02	
	41	200	100	300	128.4	0.51	
29 E	10	25	175	200	< 175	0	
	17	100	100	200	107.1	0.22	
	(26	200	0	200	13	0.48)	
31 C	21	5	195	200	< 195	0	
	10	25	175	200	194.1	0.32	
	28	100	100	200	128.5	0.53	
	(39	200	0	200	33.4	0.65)	
32 C	19	5	145	150	< 145	0	
	10	25	175	200	191.7	0.26	
	26	100	100	200	129.3	0.56	
	(29	200	0	200	39.3	0.80)	

In der Mehrzahl der angeführten Bestimmungen zeigt es sich, dass dann, wenn die Zuckungshöhe mit geringer Anfangsspannung bei einer relativ niedrigen Belastung zum Verschwinden gebracht worden ist, der Muskel doch eine recht bedeutende Spannung entwickelt haben musste, um den Hebel in Bewegung zu versetzen. Wie viel Spannung der Muskel in diesen Fällen thatsächlich producirt hat, kann in den Versuchen nicht genau bestimmt werden; man kann nur angeben, dass derselbe einen gewissen Grad nicht überschritten hat (siehe Tab. VII, die mit < bezeichneten Werthe der Columnne: totaler Spannungszuwachs). Es ist aber Grund zu der Annahme vorhanden, dass dieser Spannungszuwachs recht bedeutend gewesen ist, ganz sicher weit grösser als derjenige, welcher bei gleich grosser directer Belastung stattgefunden

hat (d. h. bei einer directen Belastung, welche ebenso gross ist wie das in den oben genannten Fällen als Ueberlastung wirkende Gewicht). In Versuch 52, Nr. 38 (Tabelle VII) hat der Muskel bei 100<sup>g</sup> Anfangsspannung und 450<sup>g</sup> Belastung eine minimale Zuckung ausgeführt und dabei eine Spannungszunahme von 351.2<sup>g</sup> producirt. Wenn es dem Muskel auch bei 200<sup>g</sup> Anfangsspannung gestattet worden wäre, 450<sup>g</sup> zu heben, so würde er wahrscheinlich höher gezuckt haben, hätte dann aber nicht einmal Gelegenheit gefunden, seine Spannung um 300<sup>g</sup> zu vermehren. Aus diesen Reflexionen scheint mir hervorzugehen, dass das schnellere Abnehmen der Zuckungshöhen bis zum Minimum bei geringerer Anfangsspannung zum Theil darin seinen Grund hat, dass in diesem Falle eine so grosse Spannungsvermehrung von Seite des Muskels erforderlich ist.

Dass dies jedoch nicht die ganze Ursache sein kann, geht aus einigen Bestimmungen der Tabelle VII hervor (s. Versuch 52, Nr. 17 und 38; Versuch 31, Nr. 21 und 10; Versuch 32, Nr. 19 und 10). Hier zeigt es sich, dass der Muskel bei höherer Anfangsspannung ein gleich grosses oder grösseres Gewicht als dasjenige heben kann, welches bei geringerer Initialspannung die Zuckungshöhe bis auf Null herunterbringt, obgleich im vorigen Falle der Spannungszuwachs während der Verkürzung gleich gross, ja sogar grösser als in dem letztgenannten gewesen ist — nur ein neues Beispiel von dem günstigen Einfluss der grösseren Anfangsspannung auf die Kraftentwicklung des Muskels. Es ist deutlich, dass man auch dieses Verhältniss mit in Rechnung ziehen muss, wenn man zu erklären versucht, warum die Zuckungen bei höherer Anfangsspannung erst mit einer grösseren Belastung als bei einer niedrigeren ihr Minimum erreichen.

#### c) Vergleich zwischen den Zuckungshöhen bei Isotonie und bei Auxotonie.

Wir haben bisher die Zuckungen mit isotonischer und auxotonischer Anordnung, jede für sich betrachtet. Einen Vergleich der beiden Arbeitsarten finden wir in der Zusammenstellung, Tabelle 3, Anhang.

Die in dieser Tabelle mitgetheilten Versuche lehren, dass auch bei Ueberlastungsanordnung — wie in den meisten Fällen mit directer Belastung — die isotonischen Zuckungen höher sind als die auxotonischen. Mit zunehmender Ueberlastung verhalten sich die Differenz- und Relationszahlen zwischen den Zuckungshöhen beider Arten beim Gebrauch verschieden starker Federn verschieden. Bei geringer Anfangsspannung finden wir zuerst, dass in Versuch 50 (schwache Feder) mit zunehmender Ueberlastung sowohl die Differenzen (bei 300<sup>g</sup> Belastung

ausgenommen) als die Relationszahlen von einer continuirlich etwas schnelleren Abnahme der auxotonischen Zuckungen zeugen. In Versuch 51 (starke Feder) geben dagegen diese Werthe eine weniger schnelle Abnahme der auxotonischen Zuckungen an. In einem dritten Versuche (52, mit einer Feder, welche zuerst sehr stark ist, nach Dehnung mit 100<sup>g</sup> aber ziemlich schwach) nehmen die absoluten Differenzen allmählich ab, während die Relationszahlen eine Zunahme des relativen Unterschiedes mit steigender Ueberlastung hervortreten lassen. — Bei höherer Anfangsspannung habe ich nur in Versuch 52 eine grössere Anzahl Bestimmungen, und diese zeigen mit wachsender Ueberlastung ein unregelmässiges Zu- und Abnehmen der absoluten Differenzen, ein stetiges Zunehmen der Relativen. Bei Ueberlastungsversuchen ist der Process im Muskel schon einige Zeit fortgeschritten, ehe die Federn auf den Verlauf einzuwirken Gelegenheit finden; und dennoch scheinen sie einen gewissen Einfluss auszuüben — die stärkeren einen günstigeren als die schwächeren — ein Umstand von nicht geringem Interesse, da man die Art der Kraftentwicklung durch Aenderung der Arbeitsbedingungen modificirt werden sieht zu einer Zeit (d. h. beim Anfang der Verkürzung), wo man wohl annehmen darf, dass in hierher gehörigen Versuchen die Mehrzahl — vielleicht sämtliche Muskelfasern in Thätigkeit gebracht sind.

### B. Ueberlastungsversuche mit untermaximaler Reizung.

Auch mit untermaximaler Reizstärke und Ueberlastungsanordnung habe ich einige Versuche ausgeführt, hauptsächlich in der Absicht, ein in einem früheren Aufsatz<sup>1</sup> (Capitel III) näher untersuchtes Verhältniss noch mehr zu beleuchten, nämlich, dass die Zuckungshöhen mit verschieden grosser, directer Belastung und abnehmender Reizstärke bei ein und derselben Stärke des Reizes ihr Minimum erreichen. Bei diesen letztgenannten Versuchen wechselte die Anfangsspannung mit der Belastung — nicht so bei den Ueberlastungsversuchen. Ein Vergleich zwischen den Resultaten dieser beiden Versuchsarten (siehe Anhang, Tabelle 4) giebt nach meiner Ansicht derjenigen Auffassung eine weitere Begründung, welche ich im oben genannten Aufsatz über die Bedeutung der Initialtension für die Entstehung der eben erwähnten, von Hermann zuerst beobachteten Thatsache ausgesprochen habe.

Wie bei directer Belastung nehmen auch hier natürlicherweise die Zuckungshöhen bei sinkender Reizstärke stetig ab.

<sup>1</sup> Siehe *dieses Archiv*, Bd. III. S. 417—423.

Wir sehen zugleich, dass

1. bei gleicher Reizstärke und Anfangsspannung die Zuckung niedriger wird, je grösser die Ueberlastung ist;
2. bei gleicher Anfangsspannung und Ueberlastung die Zuckung niedriger wird, je schwächer die Reizung ist;
3. bei gleicher Ueberlastung und Reizstärke die Zuckung niedriger wird, je geringer die Anfangsspannung ist.

Bei untermaximaler Reizung und Ueberlastung haben sich zwei Momente, die schwache Reizung und die Forderung auf initiale, latente Spannungsvermehrung, vereinigt, um den mechanischen Effect der Muskelzuckung zu vermindern. Wir haben oben gesehen (Tabelle VII, S. 60), dass auch mit maximaler Reizung die Ueberlastungszuckungen schon bei einer geringeren Belastung ihr Minimum erreichen, als wenn der Muskel direct belastet ist. Mit untermaximaler Reizung und unveränderter Belastung während der Zuckung erreichen die Ueberlastungszuckungen um so früher, d. h. schon bei grösserer Reizstärke, ihr Minimum, je niedriger die Anfangsspannung ist, woraus folgt, als Corollarium, dass die Ueberlastungszuckungen früher als diejenigen mit gleich grosser, directer Belastung bis zum Minimum heruntergehen.

Auch sehen wir, dass mit constanter Anfangsspannung und zunehmender Ueberlastung die Zuckungen nicht bei ein und derselben untermaximalen Reizstärke (wie die Zuckungen mit wachsender directer Belastung) ihr Minimum erreichen, sondern bei einer stärkeren Reizung, je grösser die Ueberlastung ist. Eine weitere Bestätigung dieser beiden letztgenannten Sätze geht aus folgender Zusammenstellung von Werthen, meist aus Tabelle 4, Anhang, hervor.

Tabelle VIII.

Die Reizstärke zeigend, bei welcher die Ueberlastungszuckungen ihr Minimum erreichen.

Isotonische Anordnung.

Ver- such	Nr.	Rollen- abstand	Anfangs- spannung	Be- lastung	Zuckungs- höhe	Bemerkungen
		cm	g	g	mm	
53	12	12	10	100	0.51	Weit mehr als minimal
	15	12	10	150	0.08	Minimal
	31	12	100	100	0.47	Mehr als minimal
	34	12	100	150	0.14	Geringe Zuckung
	16	13	10	10	0.87	Weit über das Minimum
	—	13	10	50	0	



## Auxotonische Anordnung.

Vers. und Feder	Nr.	Rollen- abstand cm	Anfangs- spannung g	Be- lastung g	Zuckungs- höhe mm	Bemerkungen
35 B	12	10	5	100	0.02	Minimal
	26	10	50	200	0.06	"
	8	12	5	50	0.06	"
36 C	—	13	5	50	0	
	—	11.5	5	100	0	
	—	13	50	100	0	
	—	0	5 u. 50	200	0	
	58	10	100	200	0.08	Minimal
37 E	—	13	5	50	0	
	16	11	5	100	0.04	Minimal
	—	0	5	150	0	
	35	13	5	100	0.017	Minimal
	41	11	50	200	0.02	"
	—	11.5	100	200	0	
38 E	—	13 u. 14	5	50	0	
	—	12	5	100	0	
	—	14	50	100	0	
	—	12	50	150	0.07	Minimal
	—	12	100	200	0	
39	—	12	5	100	0	
versuch Federn	—	12	50 u. 100	200	0	
	28	12	150	200	0.04	Minimal (mit der Feder E; mit C aber 0 Zuckung).

Diese beiden Thatsachen, 1., dass mit constanter niedriger Anfangsspannung und untermaximaler Reizung die Zuckungen bei um so grösserer Stärke des Reizes bis zum Minimum heruntergehen, je grösser die Ueberlastung ist, und 2., dass bei constanter Belastung während der Zuckung diese um so früher minimal wird, je niedriger die Anfangsspannung ist — können natürlich zum Theil dem Umstande zugeschrieben werden, dass der Muskel in diesen Fällen eine mehr oder weniger bedeutende Spannung entwickeln musste, ehe er Gelegenheit fand, sich zu verkürzen und mechanische Arbeit zu leisten. Von weit grösserer Bedeutung war aber ohne Zweifel der Umstand, dass die Anfangsspannung niedrig war; denn wie aus der Tabelle VI (S. 57 oben) hervorgeht, kann der Muskel auch mit schwacher Rei-

zung bei höherer Initialtension vielmal eine grössere Zuckung ausführen als bei einer niedrigen Anfangsspannung, obgleich in vorigem Falle sowohl die Totalbelastung während der Zuckung, als auch der latente und apparente Spannungszuwachs grösser als im letztgenannten Falle gewesen ist. Weil die Initialspannung niedrig war, scheint der Muskel hier, im Anfang seiner Wirksamkeit nach der Reizung, ein relativ kleines Mass von Kraft abzumessen, und wenngleich später die Spannung sowohl vor als bisweilen auch während der Verkürzungsperiode selbst bedeutend grösser wird, so kann dadurch die Kraftentwicklung nicht in so hohem Grad vermehrt werden, dass der Mangel einer höheren Anfangsspannung in solcher Weise gedeckt wird. Auch Heidenhain hebt hervor, dass die Initialtension im allgemeinen für die Kraftentwicklung des Muskels eine grössere Rolle spielt als die Spannungszunahme während der Zuckung.<sup>1</sup>

Dass die Zuckungen mit untermaximaler Reizung und directer Belastung bei einem gewissen „Schwellenwerth“ des Reizes, unabhängig von der Grösse der Belastung ihr Minimum erreichen (das von Hermann hervorgehobene Phänomen), während sie mit steigender Ueberlastung (und unveränderter, relativ niedriger Anfangsspannung) bei um so höheren „Schwellenwerthen“ bis zum Minimum heruntergehen, je grösser die Ueberlastung wird, scheint mir also noch mehr für die Richtigkeit der Auffassung zu sprechen, dass das Hermann'sche Phänomen wesentlich darin seinen Grund hat, dass die mit erhöhter Belastung steigende Initialtension (bei gleichbleibender, minimaler Reizstärke) den Reizeffect vergrössert, oder — mit anderen Worten — die Reizbarkeit des Präparats in einem entsprechenden Grade verstärkt — ein Moment, das bei Ueberlastungsanordnung wegfällt.

---

Wenn wir auf die Darstellung dieses Capitels von den Ueberlastungszuckungen einen Rückblick werfen, finden wir hauptsächlich folgende Thatsachen zu bemerken:

1. Bei constanter Anfangsspannung und wachsender Ueberlastung nehmen die Zuckungshöhen stetig ab (Helmholtz). Mit isotonischer Anordnung (wie mit Auxotonie und schwacher Feder) nehmen die Zuckungen bei gleicher Zunahme der Ueberlastung zuerst etwas schneller, dann wieder langsamer ab; mit Auxotonie und straffer Feder dagegen sinken die Zuckungshöhen im allgemeinen zuerst langsamer, dann

---

<sup>1</sup> Siehe a. a. O. S. 110.

schneller herunter (ein Umstand, welcher wenigstens zum Theil von der unregelmässigen Dehnung der Federn abhängt).

2. Bei gleicher Ueberlastung wird die Zuckung um so höher, je grösser — innerhalb gewisser Grenzen — die Initialspannung gewesen ist (Heidenhain). In mehreren Bestimmungen, sowohl mit iso- als auxotonischer Versuchsanordnung, mit maximaler und untermaximaler Reizung, sind die Zuckungen bei höherer Anfangsspannung grösser als bei einer niedrigeren geworden, obgleich sowohl die latente Spannungszunahme als auch der während der Verkürzung zu überwindende Widerstand (um das Gewicht zu heben oder die Feder zu dehnen) in jenem Falle grösser als in diesem gewesen ist.

3. Bei grösserer Initialtension nehmen die Zuckungshöhen mit zunehmender Ueberlastung sowohl absolut als relativ weniger schnell ab als bei niedrigerer Initialspannung.

4. Bei directer Belastung werden die Zuckungen grösser als bei Ueberlastung mit demselben Gewichte und dies in um so höherem Masse, je geringer in diesem Falle die Anfangsspannung ist. Im vorigen Falle nehmen auch die Zuckungen mit steigender Belastung weniger schnell ab (bei Auxotonie und directer Belastung wachsen sie, wie bereits bekannt [Tigerstedt], bis zu einer gewissen Grenze an).

5. Bei Ueberlastung (und sowohl maximaler als untermaximaler Reizung) erreichen die Zuckungen ihr Minimum bei um so niedrigerer Totalbelastung, je geringer die Anfangsspannung ist (vergl. Feuerstein).

6. Bei Ueberlastungsversuchen werden *ceteris paribus* die isotonischen Zuckungen höher als die auxotonischen. Der Unterschied zwischen den Zuckungshöhen der beiden Arbeitsarten ist jedoch bei Ueberlastung geringer als bei directer Belastung (auch die Zuckungshöhen selbst sind in jenem Falle niedriger). Mit schwacher Feder zeigen die auxotonischen Zuckungen, mit den entsprechenden isotonischen verglichen, im allgemeinen bei wachsender Ueberlastung ein etwas schnelleres Abnehmen, als die Zuckungen mit straffer Feder es thun.

7. Bei constanter Initialtension und dito Ueberlastung nehmen die Zuckungen mit sinkender Reizstärke stetig ab, und dies schneller als bei gleichbleibender directer Belastung, früher (d. h. mit etwas grösserer Reizstärke) das Minimum erreichend, je geringer die Anfangsspannung ist.

8. Bei unveränderter, untermaximaler Reizung und constanter Initialspannung werden die Zuckungen um so niedriger, je grösser die Ueberlastung ist.

9. Bei gleichbleibender Totalbelastung und constanter, untermaximaler Reizstärke werden die Zuckungen desto niedriger, je kleiner die Anfangsspannung ist.

## Capitel II.

### Ueber die mechanische Arbeit bei Ueberlastungsversuchen.

#### a) Allgemeines über den mechanischen Effect dieser Versuchsart.

Das im vorigen Capitel Mitgetheilte erhält durch eine nähere Untersuchung über die mechanische Arbeit bei Ueberlastungsversuchen eine weitere Beleuchtung. Wie sich diese Arbeit gestaltet, ist aus der Zusammenstellung der Versuchsprotocolle, Anhang, Tabelle 5, zu ersehen, wo in einer besonderen Columnne (rechts) des Vergleiches wegen die Arbeitswerthe bei directer Belastung (*b*) aufgenommen sind, wozu ich den Unterschied zwischen diesen und den entsprechenden Arbeitsproducten bei Ueberlastung (Differenz  $b-a$ ), das von letztgenannter Versuchsanordnung abhängende „Arbeitsdeficit“ anschliesse.

Aus den mitgetheilten Versuchen geht hervor, dass die mechanische Arbeit mit zunehmender Ueberlastung und niedriger Anfangsspannung (10 und 25<sup>g</sup>) bis zu einer gewissen Grenze wächst, obgleich der Muskel dabei einen immer grösseren latenten Spannungszuwachs entwickeln muss (Heidenhain<sup>1</sup>). Im allgemeinen wurde das Arbeitsmaximum in Ueberlastungsversuchen bei einer Totalbelastung von 100—150<sup>g</sup> (siehe die fettgedruckten Ziffern der Tab. 5, Anhang) erreicht. In meinem ersten Aufsatze<sup>2</sup> ist nachgewiesen, dass bei directer Belastung das Arbeitsmaximum erst mit einer weit grösseren (im allgemeinen über 200, oft bei ungefähr 300<sup>g</sup>) ausgeführt wird. Die Arbeitsproducte sind auch bei dieser letztgenannten Anordnung bedeutend grösser als bei Ueberlastung mit einem gleich grossen Gewichte (Fick)<sup>3</sup>.

Bei höherer Anfangsspannung (100<sup>g</sup>) und wachsender Ueberlastung nimmt im allgemeinen die mechanische Arbeit ab: das Arbeitsmaximum wird mit dieser Anordnung schon bei 100—150<sup>g</sup> Totalbelastung ausgeführt.

<sup>1</sup> Siehe a. a. O. S. 108—107.

<sup>2</sup> Siehe dieses Archiv. Bd. I. S. 27.

<sup>3</sup> A. Fick, *Untersuchungen über Muskelarbeit*. Basel 1867. S. 15, wo oben genannter Satz von der Arbeit des tetanisirten Muskels mit und ohne Ueberlastung ausgesprochen wird.

Die Thatsache, dass die Arbeit bei directer Belastung grösser wird als bei Ueberlastung mit demselben Gewichte, hat natürlich — wie schon oben hinsichtlich der Zuckungshöhen (S. 52) hervorgehoben wurde — ihren Grund darin, dass der Muskel bei Ueberlastungsversuchen Zeit und Kraft opfern muss, um vor Beginn der Verkürzung seine Spannung zu vermehren.

Vergleichen wir den Arbeitseffect bei höherer und niedrigerer Initialtension, finden wir denselben im ersteren Falle grösser als im letztgenannten. In einem Theil dieser Fälle kann dies so gedeutet werden, dass der Muskel bei grösserer Initialspannung vor dem Anfange der Verkürzung keine so grosse Spannung zu entwickeln braucht und daher im Stande ist, während der Zuckung eine grössere Arbeit zu produciren. In einer Anzahl von Bestimmungen aber führt der Muskel bei höherer Anfangsspannung eine grössere Arbeit aus, obgleich er dabei eine höhere Spannung, sowohl vor als während der Verkürzung, produciren und überdies während der Contraction selbst mit einer grösseren Belastung arbeiten muss. Die Kraftentwicklung ist hier ohne Zweifel durch die Einwirkung der grösseren Anfangsspannung vermehrt (s. in dieser Hinsicht Anhang, Tabelle 5, Versuch 29, Nr. 15 mit Nr. 6 verglichen; Versuch 30, Nr. 6, 8 und 10 mit Nr. 22, 24 und 26 vergl.; Nr. 15 und 17 mit Nr. 4, 6, 22 und 24; Versuch 31, Nr. 10 mit Nr. 19 und Nr. 28 mit Nr. 17 vergl.; Versuch 32, Nr. 8 u. 10 mit Nr. 17, weiter Nr. 26 mit Nr. 17 u. 6 vergl.; Versuch 33, Nr. 19 mit 6 u. Nr. 30 mit Nr. 8 u. s. w.) Gewiss hat auch bei zunehmender directer Belastung die wachsende Anfangsspannung in ähnlicher Weise dazu beigetragen, dass der mechanische Effect grösser als bei Ueberlastung mit einem gleich grossen Gewichte geworden ist.

In den Ueberlastungsversuchen variiren die Arbeitsproducte, besonders bei auxotonischer Anordnung, in auffallend geringem Masse mit zunehmender Totalbelastung, weit weniger als bei Versuchen mit directer Belastung (siehe z. B. Anhang, Tab. 5, Versuch 28, Nr. 6, 8 und 10; Versuch 29, Nr. 6 und 4; ganze Versuche 30, 31 u. 32 — im letztgenannten besonders Nr. 4, 6 u. 8 —; Versuch 33, Nr. 4, 6 und 8). In mehreren Versuchen mit Auxotonie zeigen die Arbeitsproducte bei unveränderter Anfangsspannung und zunehmender Belastung sogar eine Tendenz, constant zu werden. Hierzu scheinen mehrere Umstände beizutragen. Die Federn, besonders die strafferen, werden bei höherer Initialtension leichter dehnbar als bei einer niedrigeren, wodurch die dem apparenten Spannungszuwachs entsprechende Arbeit niedriger ausfällt. Gleichzeitig werden dessenunge-

achtet bei unveränderter geringer Anfangsspannung des Muskels in den meisten Fällen die Zuckungen stets niedriger und dies in dem Masse, dass trotz der Multiplication mit dem grösseren Gewichte die der Initialtension entsprechende Arbeit nur wenig vermehrt wird. Das Endresultat wird eine Totalarbeit, die mit steigender Belastung während der Verkürzung selbst nur unbedeutend variirt.

### b) Ueber „Arbeitsdeficit“.

Ein Vergleich zwischen den Arbeitswerthen bei directer Belastung und bei Ueberlastung mit einem gleich grossen Gewichte (und niedrigerer Anfangsspannung des Muskels) giebt Gelegenheit zu einigen Observationen, welche ein gewisses Interesse darzubieten scheinen. Wenn man nämlich von dem Arbeitsproducte bei directer Belastung (Anhang, Tab 5, Columnne *b*) den Arbeitswerth bei gleich grosser Ueberlastung (*a*) subtrahirt, bleibt ein Rest (Differenz  $b-a$ ), ein Arbeitsdeficit, welches gewissermassen ein Ausdruck dafür ist, wie viel der Muskel von seinem Vermögen, mechanische Arbeit zu leisten, durch die Ueberlastungsanordnung eingebüsst hat. Dieses Arbeitsdeficit scheint — bei unveränderter Initialtension — in einem einigermaßen bestimmten Verhältniss zur latenten Spannungszunahme zu stehen, wie aus folgender Zusammenstellung. Tabelle IX, hervorgeht. Hinsichtlich dieser Tabelle ist zu beachten, dass die verschiedenen Präparate natürlich individuelle Variationen zeigen, dass jedoch zwischen mehreren derselben eine unverkennbare Uebereinstimmung hervortritt.

Tabelle IX.

Das Verhältniss zwischen latenter Spannungszunahme und Arbeitsdeficit.

#### Isotonie.

Ver- such	Anfangs- spannung	Latenter Spannungs- zuwachs	Arbeits- deficit	Mittelzahl
	g	g	gmm	gmm
50	10	90	42·63	} 44·3
51	10	90	41·75	
52	10	90	48·51	
(52)	100	200	88·20)	

## Auxotonie.

Ver- such und Fed.	Nr.	Anfangs- spannung	Latenter Spannungs- zuwachs	Arbeits- deficit	Mittelzahl
		g	g	gmm	gmm
28 E	4	25	25	17.62	17.62
28 E	6	25	75	43.48	47.4
29 E	4	25	75	38.15	
30 E	6	25	75	57.20	
32 C	6	25	75	54.26	
33 B	17	25	75	43.92	64.53
29 E	8	25	125	64.53	
28 E	10	25	175	125.98	121.42
30 E	10	25	175	131.07	
32 C	10	25	175	122.38	
33 B	21	25	175	108.23	

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bei Isotonie und 90° latenter Spannungszunahme das Arbeitsdeficit in drei Versuchen ziemlich gleich gross ist. Mit einem etwas mehr als doppelt grösseren Spannungszuwachs (200° — s. oben, Versuch 52, zweite Bestimmung) — wurde das Arbeitsdeficit gerade das Doppelte; die Anfangsspannung war aber im letzteren Falle bedeutend grösser als in den erstgenannten, weshalb man auf diese Zufälligkeit keine grössere Rücksicht nehmen darf.

In den auxotonischen Versuchen mit unveränderter Initialtension (25°) giebt sich bei dem Arbeitsdeficit eine gewisse Tendenz zu erkennen, bei steigender Ueberlastung mit der latenten Spannungszunahme proportionell zu wachsen. Betrachten wir den Durchschnitt desjenigen Arbeitsdeficits, welches einem latenten Spannungszuwachse von 75° (47.4 oder rund 48<sup>gmm</sup>) entspricht, als ziemlich zutreffend und berechnen wir, von dieser Zahl ausgehend, die Grösse derjenigen Deficitwerthe, welche mit den respectiven latenten Spannungszunahmen proportionell wären, so gehen Werthe hervor, welche mit den experimentell bestimmten ziemlich übereinstimmen. (Siehe Tabelle X, nächste Seite.)

Eine recht gute Uebereinstimmung zwischen Arbeitsdeficit und latenter Spannungszunahme zeigt auch Versuch 29, Nr. 15 und 24, 17 u. 26 (siehe Anhang, Tabelle 5), wo bei 100° Anfangstension und 50° latentem Spannungszuwachse das Arbeitsdeficit = 23.3<sup>gmm</sup> ist, während dasselbe bei gleicher Anfangsspannung und 100° latenter Tensionszunahme 53.2<sup>gmm</sup> beträgt.

Tabelle X.

Latenter Spannungs- zuwachs	Werthe des Arbeitsdeficits:		
	berechnet	experimen- tell bestimmt	Zahl der Bestim- mungen
g	gmm	gmm	
25	16	17.4	1
75	48	48	5
(125)	80	65	1)
175	112	121.4	4

Bei unverändertem latentem Spannungszuwachse nimmt das Arbeitsdeficit mit steigender Initialtension stetig ab, wie aus folgender Tabelle hervorgeht. Die einzelnen Bestimmungen zeigen, wie man sieht, ziemlich grosse Abweichungen, die Durchschnittszahlen aber begründen das eben Gesagte:

Tabelle XI.

Arbeitsdeficit bei unveränderter Spannungszunahme und verschiedener Initialtension.

Versuch und Feder	Anfangs- spannung	Latenter Spannungs- zuwachs	Arbeits- deficit	Mittelzahl
	g	g	gmm	
30 E	5	95	88.13	86.03
31 C	5	95	66.6	
32 C	5	95	107.53	
33 B	5	95	81.85	
50 E	10	90	49.67	58.15
51 B	10	90	67.88	
52 C	10	90	56.9	
29 E	100	100	53.16	48.84
30 E	100	100	44.92	
31 C	100	100	27.87	
32 C	100	100	56.15	
33 B	100	100	37.12	

Vergleichen wir die Werthe, welche von demselben Versuche herühren, so lassen sie eben sowohl als die Durchschnittszahlen die Richtigkeit des obenerwähnten Satzes hervortreten. Im allgemeinen ist



das Arbeitsdeficit mit 5% Anfangsspannung ungefähr doppelt so gross als dasjenige mit 100% Anfangsspannung, vorausgesetzt, dass der latente Spannungszuwachs unverändert ist. Wenn man auf die Durchschnittszahlen Rücksicht nimmt, zeigen sich die Unterschiede der Deficitwerthe bei einer Steigerung der Initialtension von 5 bis 10% grösser als bei einer solchen von 10 bis auf 100%. Besonders bei sehr niedriger Anfangsspannung geht also die Ueberlastungsarbeit mit bedeutendem Verluste.

Warum gestaltet sich dann das Arbeitsdeficit mit verschiedenen Initialtensionen so verschieden? Der Spannungszuwachs vor dem Anfang der Verkürzung war in den angeführten Versuchen ungefähr gleich (90, 95 und 100%). Die Tensionsvermehrung während der Zuckung war bei niedriger Anfangsspannung nicht grösser als bei hoher; (bei 5% Anfangsspannung war sie durchschnittlich = 19.3%, bei 10% Anfangsspannung = 30.1%, bei 100% Anfangsspannung = 28.02%). Auch kann man, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist, nicht annehmen, dass die totale Spannungszunahme, gleichviel ob mit oder ohne Ueberlastung, bei einer niedrigeren Anfangstension ein grösseres Arbeitsdeficit als bei einer höheren befördert hat:

Tabelle XII.

Verhältniss zwischen dem Spannungszuwachse **ohne** und **mit** Ueberlastung bei verschiedener Initialtension; (Auxotonie; maximale Reizung.)

Versuch und Feder	Directe Belastung:			Ueberlastung:		
	Nr.	Anfangs- spannung	Spanngs- zuwachs	Nr.	Anfangs- spannung	Spanngs- zuwachs
		g	g		g	g
30 E	13	100	25.2	24	5	105.4
50 E	23	100	22.9	8	10	104.6
30 E	31	200	24.8	17	100	118.0
31 C	24	100	37.9	17	5	116.4
32 C	22	100	40.2	17	5	105.7
52 C	26	100	37.0	5	10	113.3
31 C	39	200	33.4	28	100	128.5
32 C	29	200	39.3	26	100	129.3
33 B	25	100	61.6	6	5	129.7
51 B	26	100	70.1	8	10	142.4
—	—	—	—	28	100	132.2

Der grössere Arbeitsverlust bei niedriger Anfangsspannung kann also weder in einer wesentlich grösseren noch geringeren totalen Spannungssteigerung begründet sein. In einer mangelhaften Versuchsanordnung, in der ungleichmässigen Dehnbarkeit der Federn oder dergl. ist wahrscheinlich die Ursache auch nicht zu suchen, da der Verlauf des latenten Spannungszuwachses davon ganz unabhängig ist, und die Federn in sämtlichen Versuchen durch mindestens 100% gedehnt waren, also das Stadium einer beinahe gleichförmigen Dehnbarkeit erreicht hatten.

Aus der Tabelle XII geht hervor, dass die totale Spannungszunahme in den Ueberlastungsversuchen bedeutend grösser ist als diejenige mit directer Belastung. Im vorigen Falle war der Muskel genöthigt, seine Spannung in höherem Masse zu vermehren, und dies thut er besser bei grosser als bei geringer Anfangsspannung. Darin liegt meiner Ansicht nach die Ursache zu dem geringeren Arbeitsdeficit bei einer höheren Initialtension des Muskels. Diese hier geschilderte Thatsache giebt also nur einen neuen Beweis für den günstigen Einfluss einer grösseren Anfangsspannung.

#### c) Vergleich zwischen dem isotonischen und auxotonischen Arbeitseffect bei Ueberlastungsversuchen.

Wir haben nun die mechanische Arbeit bei sowohl isotonischen als auxotonischen Ueberlastungszuckungen gesondert betrachtet und uns dabei hauptsächlich bei den letztgenannten aufgehalten, da theils das reichhaltigere Versuchsmaterial dazu Anlass gab, theils die Möglichkeit, den Spannungszuwachs auch während der Zuckung zu bestimmen, den auxotonischen Versuchen für das Studium der mechanischen Leistung des Muskels einen höheren Werth verleiht. Ein Vergleich zwischen den Arbeitseffecten, welche aus den beiden Arbeitsarten, der isotonischen und der auxotonischen, bei Ueberlastung hervorgehen, bietet auch Gelegenheit, einige Beobachtungen von Interesse zu machen. Um bessere Uebersicht zu gewinnen, wird im Anhang, Tabelle 6, eine Zusammenstellung von Versuchen mitgetheilt, welche oben an verschiedenen Orten angeführt worden sind.

Diese Versuche zeigen nun, dass, während bei directer Belastung die auxotonische Arbeit grösser — mit straffer Feder und niedriger Anfangsspannung beträchtlich grösser — als die isotonische ist, das Verhältniss bei steigender Ueberlastung bald ein entgegengesetztes wird. Mit niedriger Anfangsspannung (10%) und geringer Ueberlastung (50%) — also bei einer geringen Spannungszunahme vor dem Beginn der Ver-

kürzung — ist noch die auxotonische Arbeit in denjenigen Versuchen, wo diese Anordnung angewendet wurde (siehe Anhang, Tabelle 6, Versuch 50 und 51), grösser als die isotonische geworden; mit derselben Initialtension aber und 100% Ueberlastung (also bei 90% latenter Spannungszunahme) tritt das Gegentheil ein, und mit fortgesetzter Steigerung der Ueberlastung fällt im allgemeinen die auxotonische Arbeit immer ungünstiger aus. — Bei 100% Anfangsspannung zeigt sich, in Versuch 50 (schwache Feder), schon 150% Ueberlastung (mit 50% latenter Spannungszunahme) genügend, um das auxotonische Arbeitsproduct niedriger als das isotonische zu machen.

Hier wie in mehreren Fällen mit untermaximaler Reizung<sup>1</sup> tritt also ein weniger günstiger Einfluss der Auxotonie hervor. Bei den im Anhang, Tabelle 6, unter einander verglichenen isotonischen und auxotonischen Zuckungen war in beiden Fällen die Anfangsspannung gleich. Weiter, der Muskel hatte in beiden Fällen die Aufgabe, seine Spannung um genau dieselbe Grösse zu vermehren, ehe er das Gewicht, resp. die Feder angriff. Die Versuchsbedingungen waren also identisch, bis der Muskel sich zu verkürzen begann. Hieraus scheint hervorzugehen, dass ein fortgesetzter Spannungszuwachs während der Verkürzung — welcher bei directer Belastung im allgemeinen die Kraftentwicklung des Muskels günstig beeinflusst und dadurch seine mechanische Leistung erhöht — wenn derselbe bei Ueberlastungsversuchen sich erst während der verspäteten Verkürzung geltend macht, im Gegentheil auf den Arbeitseffect ungünstig einwirkt.

Um diese Thatsache zu beurtheilen, ist es von Wichtigkeit nachzusehen, was bei Ueberlastung während der Periode vom Ende der Latenzzeit bis zum Anfang der Verkürzung geschieht. Der Muskel steigert dabei seine Spannung mit grosser Geschwindigkeit, gewiss bedeutend schneller als bei meinen Versuchen mit Auxotonie. Die Erfahrung hat aber gezeigt (vergl. Heidenhain, a. a. O., S. 93), dass ein solcher, sehr schneller Spannungszuwachs bei verhinderter Contraction den Muskel in hohem Grade ermüdet. Fick hat mit seinem „Spannungsmesser“ nachgewiesen, dass nach einem einzigen Inductionsschlage die Spannung des Muskels bei verhinderter Verkürzung (isometrische Zuckung) sehr früh ihr Maximum erreicht. [Vielleicht hat der Muskel in den hier besprochenen Ueberlastungsversuchen schon vor dem Anfange der Verkürzung den grössten Theil derjenigen Spannung entwickelt, welche er nach einer einzigen Reizung und bei geringer Initialtension überhaupt zu entwickeln vermochte; und wenn wir ausserdem

<sup>1</sup> Siehe *dieses Archiv*, Bd. III, S. 430 u. f.

auf den ermüdenden Einfluss einer schnellen initialen Spannungszunahme bei verhinderter Verkürzung Rücksicht nehmen, wird es nicht verwundern, dass es in den Ueberlastungsversuchen dem Muskel nicht möglich gewesen ist, einen fortgesetzten Spannungszuwachs während der Verkürzung (bei Auxotonie) zu entwickeln.

Hiermit übereinstimmend zeigt sich das Arbeitsdeficit bei gleicher Ueberlastung mit auxotonischer Anordnung grösser als mit isotonischer, mit einer strafferen Feder grösser als mit einer schwächeren Feder, wie auch aus folgender Tabelle hervorgeht.

Tabelle XIII.

Vergleich zwischen den Deficitwerthen bei verschiedener Versuchsanordnung und mit ungleich starken Federn.

Versuch und Feder	Nr.	Anfangs- span- nung	An- ordnung	Spannungs- zunahme vor nach der Zuckung		Total- arbeit	Arbeits- deficit	Differenz zwischen d. Deficit- werthen
				g	g			
50 E (schwach)	22	100	Isoton.	0	0	130.83	42.63	7.04
	7	10	„	90	0	88.2		
	23	100	Auxoton.	0	22.9	131.05	49.67	
	8	10	„	90	14.6	81.38		
51 B (stark)	25	100	Isoton.	0	0	147	41.75	26.13
	7	10	„	90	0	105.25		
	26	100	Auxoton.	0	70.1	157.68	67.88	
	8	10	„	90	52.4	89.8		
52 C (bei 100 <sup>s</sup> Belastung ziemlich schwach)	27	100	Isoton.	0	0	107.9	50.57	6.33
	4	10	„	90	0	57.38		
	28	100	Auxoton.	0	37	110.06	56.90	
	5	10	„	90	28.8	53.16		

In dem Versuche mit straffer Feder (Versuch 51) ist der grosse Unterschied der Deficitwerthe (26.13<sup>gmm</sup>) zum Theil dadurch entstanden, dass die auxotonische Arbeit ohne Ueberlastung (Nr. 26) ungefähr 10<sup>gmm</sup> grösser ist als die isotonische Arbeit bei derselben directen Belastung (Nr. 25). Aus der Tabelle geht jedoch hervor, dass dies nicht die volle Ursache des grösseren Deficitwerthes der auxotonischen Zuckungen ist; denn die entsprechende Arbeit mit Ueberlastung und Auxotonie (Versuch 51, Nr. 8) ist bedeutend, ungefähr 15<sup>gmm</sup> geringer als die isotonische Arbeit mit übrigens gleicher Anordnung (Nr. 7).

Der entsprechende Unterschied in den beiden anderen Versuchen hat auch hauptsächlich seinen Grund in einem geringeren Arbeitswerthe bei Auxotonie und Ueberlastung; die Differenzen zwischen den Arbeitsproducten der beiden Versuchsarten mit Ueberlastung sind aber in diesen Versuchen geringer (in Versuch 50 ungefähr 7<sup>mm</sup>, vergl. Nr. 7 und 8; in Versuch 52 nur ungefähr 4<sup>mm</sup>, vergl. Nr. 4 u. 5).

d) Die mechanische Arbeit bei Ueberlastung und untermaximaler Reizung.

Ehe ich diese Darstellung abschliesse, mögen zuletzt einige Worte über die mechanische Arbeit bei Ueberlastung und untermaximaler Reizung gesagt werden. Die Arbeit folgt natürlich gewissermassen dem oben geschilderten, unter verschiedenen Bedingungen variirenden Verlauf der Zuckungshöhen. Wenn also schon bei maximaler Reizung die Ueberlastungsarbeit, je nach der Grösse der Anfangsspannung, mit verschiedenen Belastungen ihr Minimum erreicht, ist dies natürlich bei untermaximaler Reizung in noch höherem Masse der Fall. Bei constanter Anfangsspannung und dito Ueberlastung nimmt die Arbeit mit abnehmender Reizstärke schneller als bei gleich grosser, directer Belastung ab, früher (d. h. schon mit stärkerer Reizung) bis zum Minimum heruntergehend. Je grösser die Ueberlastung und je niedriger die Anfangsspannung, um so früher ist das Minimum erreicht. Bei höherer Anfangsspannung und gleicher — oft auch grösserer — Ueberlastung ist der Arbeitseffect grösser als bei einer niedrigeren Initialtension und behält bei abnehmender Reizstärke besser einen relativ hohen Werth bei. Mit nicht zu schwacher Reizung, constanter niedriger Anfangsspannung und steigender Ueberlastung nimmt die mechanische Arbeit bis zu einer gewissen Grenze zu. Diese Grenze, wo das Arbeitsmaximum ausgeführt wird, scheint bei einer geringeren Totalbelastung erreicht zu werden, je schwächer die Reizung ist. Bei geringer Reizstärke (13, bisweilen auch 12<sup>cm</sup> Rollenabstand) liegt diese Grenze schon bei der niedrigsten Belastung, und jede Erhöhung derselben unter der Form von Ueberlastung macht den Arbeitseffect geringer. Im übrigen variirt die Arbeit (wie die entsprechenden Zuckungshöhen) mit steigender Ueberlastung absolut um so weniger, je schwächer die Reizung ist. Eine Untersuchung der Tabelle 7 (Anhang) und der nachfolgenden „Zusammenstellung“ wird die Richtigkeit der eben mitgetheilten Angaben erweisen.

Schon betreffend der Zuckungshöhen bei Ueberlastungsversuchen wurden oben Beispiele (Tabelle VI, S. 57), davon angeführt, dass bei

grösserer Anfangsspannung die Zuckungshöhen bisweilen grösser werden als bei einer niedrigeren Anfangsspannung, obgleich im vorigen Falle sowohl Belastung als Spannungszuwachs (vor und während der Verkürzung) grösser als im letztgenannten gewesen ist, und dass sich dieses Verhältniss auch mit untermaximaler Reizung ziemlich oft geltend gemacht hat. Hier will ich nur hervorheben, dass dies darum, weil es von den Zuckungshöhen gilt, natürlich auch mit der mechanischen Arbeit der Fall ist, wovon der Muskel bei höherer Initialtension ein grösseres Quantum ausführt, trotzdem dass er in diesem Falle einen grösseren Widerstand zu überwinden hat oder, vielleicht richtiger, eben dadurch, dass ihm in günstiger Form eine grössere Arbeit zu verrichten vorgelegt wurde, während er zu gleicher Zeit besser im Stande gesetzt worden ist, den gesteigerten Anforderungen zu entsprechen.

Die Untersuchung über die mechanische Arbeit bei Ueberlastungsversuchen hat hauptsächlich zu folgenden Resultaten geführt:

1. Bei zunehmender Ueberlastung und niedriger Initialtension wächst die mechanische Arbeit bis zu einer gewissen Grenze, nimmt dann wieder ab (Heidenhain, Place). Im allgemeinen wird diese Grenze, wo der Muskel das Arbeitsmaximum ausführt, in meinen hierher gehörigen Versuchen bei einer Ueberlastung von etwa 100 — 150 % erreicht, während das Arbeitsmaximum mit directer Belastung im allgemeinen bei mehr als 200, oft erst bei etwa 300 % oder darüber zu Stande kommt. Der Arbeitseffect ist bei Ueberlastung stets geringer als der mit gleich grosser, directer Belastung. Bei höherer Anfangsspannung (100 %) und wachsender Ueberlastung nimmt meistens die mechanische Arbeit immerfort ab, d. h. das Arbeitsmaximum wird dabei schon mit etwa 100—150 % Totalbelastung ausgeführt.

2. Bei constanter Totalbelastung (und Reizstärke) ist die mechanische Leistung des Muskels um so grösser, je höher innerhalb gewisser Grenzen die Anfangsspannung ist (Heidenhain) und dies nicht selten trotz einer grösseren Spannungszunahme, sowohl vor als während der Zuckung, und trotz einer grösseren Belastung während des Verkürzungsstadiums.

3. Bei Ueberlastungsversuchen — besonders mit Auxotonie — zeigen die Arbeitsproducte mit wachsender Totalbelastung ziemlich unbedeutende Variationen.

4. Das bei Ueberlastung entstandene „Arbeitsdeficit“ (siehe S. 69) scheint, bei constanter Anfangsspannung und zunehmender Ueberlastung, mit der latenten Tensionssteigerung ziemlich proportional zu wachsen. Bei gleich grosser latenter Spannungszunahme wird das Arbeitsdeficit kleiner, je höher — innerhalb gewisser Grenzen — die Initialtension ist.

5. Bei niedriger Anfangsspannung und geringer Ueberlastung ist die auxotonische Arbeit gewöhnlich grösser als die entsprechende isotonische; im übrigen nimmt die Letztgenannte in desto höherem Masse überhand, je mehr die Ueberlastung wächst.

6. Mit gleich grosser Initialtension und dito Ueberlastung ist das Arbeitsdeficit grösser bei Auxotonie als bei Isotonie, grösser mit straffer als mit schwacher Feder.

7. Bei Ueberlastung und untermaximaler Reizstärke bietet die mechanische Arbeit Verhältnisse dar, welche mit denjenigen der Zuckungshöhen unter entsprechenden Bedingungen analog sind; (vergl. die Punkte 8 — 10 Ende des vorigen Capitels; hinsichtlich näherer Details siehe S. 76 u. f.).

---

## Anhang.

## Versuchsprotokolle.

Tabelle 1 (siehe S. 54).

Auxotonie und Ueberlastung; maximale Reizung.

Ver- such und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Total- be- lastung	Latent. Span- nungs- zuwachs	Spanngs- zuwachs während d. Zuckng.	End- span- nung	Zuck- höhe	Diffe- renz	Rela- tionen
		a	b	c	d	e	f	g	h
50 E	2	g	g	g	g	g	mm		
	5	10	10	0 <sup>1</sup>	37.5	47.5	1.89	0.29	1
	8	10	50	40	15.5	65.5	1.10	0.34	0.791
	11	10	100	90	14.6	114.6	0.76	0.20	0.547
	14	10	150	140	13.7	163.7	0.56	0.24	0.403
	17	10	200	190	10.4	210.4	0.32	0.05	0.230
	20	10	250	240	10.0	260.0	0.27	0.13	0.194
	23	10	300	290	5.8	305.8	0.14		0.101
	26	100	100	0	22.9	122.9	1.18	0.30	1
	28	100	150	50	19.5	169.5	0.88		0.786
51 B	2	g	g	g	g	g	mm		
	5	10	10	0	150.0	160.0	1.06	0.18	1
	8	10	50	40	106.2	156.2	0.88	0.19	0.890
	11	10	100	90	52.4	152.4	0.69	0.07	0.651
	14	10	150	140	39.0	189.0	0.62	0.13	0.585
	17	10	200	190	27.5	227.5	0.49	0.11	0.462
	20	10	250	240	22.8	272.8	0.38	0.09	0.358
	23	10	300	290	21.0	321.0	0.29	0.22	0.274
	26	10	400	390	6.2	406.2	0.071		0.066
	28	100	100	0	70.1	170.1	1.12	0.34	1
	29	100	200	100	42.0	242.0	0.78	0.31	0.696
	32	100	300	200	31.0	331.0	0.47		0.420

<sup>1</sup> Bei dieser Bestimmung, wie bei den folgenden, wo der latente Spannungszuwachs = 0 angegeben worden ist, hat keine Ueberlastung stattgefunden. Entsprechende Zuckungshöhen sind mit fetten Ziffern gedruckt.



Ver- such und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Total- be- lastung	Latent. Span- nungs- zuwachs	Spannungs- zuwachs während d. Zuckng.	End- span- nung	Zuck- höhe	Diffe- renz	Rela- tionen
		a	b	c	d	e	f	g	h
		g	g	g	g	g	mm	mm	
52 C	2	10	10	0	102.8	112.8	0.63	0.16	1
	5	10	100	90	23.8	123.3	0.47	0.29	0.746
	8	10	200	190	12.7	212.7	0.18	0.10	0.286
	15	10	250	240	8.9	253.9	0.079	—	0.127
		10	300	—	—	—	0	—	—
	26	100	100	0	37.0	137.0	0.91	0.38	1
	29	100	200	100	28.6	228.6	0.53	0.20	0.582
	32	100	300	200	19.5	319.5	0.33	0.24	0.363
	35	100	400	300	6.0	406.0	0.094	0.07	0.099
	38	100	450	350	1.2	451.2	0.018	—	0.022
	41	200	300	100	28.4	328.4	0.51	—	—
	28 E	2	25	0	43.0	68.0	2.03	0.23	—
		4	25	25	26.9	76.9	1.80	0.37	—
		6	25	75	27.6	127.6	1.43	0.34	—
		8	25	125	25.5	175.5	1.09	0.25	—
		10	25	175	19.9	219.9	0.84	—	—
		14	50	0	30.4	80.4	2.03	0.27	—
		16	100	0	36.2	136.2	1.74	0.35	—
		18	200	0	38.9	238.9	1.39	—	—
	29 E	2	25	0	25.3	50.3	1.09	0.31	—
		4	25	25	10.4	60.4	0.78	0.35	—
		6	25	75	8.1	108.1	0.43	0.24	—
		8	25	125	5.4	155.4	0.19	—	—
			25	200	—	—	0	—	—
		13	100	0	14.9	114.9	0.77	0.32	—
		15	100	50	11.8	161.8	0.45	0.23	—
		17	100	100	7.1	207.1	0.22	—	—
		24	150	0	14.5	164.4	0.59	0.11	—
		26	200	0	13.0	213.0	0.48	—	—
	30 E	20	5	0	36.6	41.6	1.25	0.38	—
		22	5	45	11.8	61.8	0.87	0.81	—
		24	5	95	10.4	110.4	0.56	0.23	—
		26	5	145	9.3	159.3	0.33	0.18	—
		28	5	195	5.9	205.9	0.15	—	—

Versuch und Feder	Nr.	Anfangs- spannung	Total- be- lastung	Latent. Span- nungs- zuwachs	Spannungs- zuwachs während d. Zuckng.	End- span- nung	Zuckungs- höhe	Diffe- renz
		a	b	c	d	e	f	g
30 E (Forts.)	2	25	25	0	88.8	58.8	1.44	0.25
	4	25	50	25	17.0	67.0	1.19	0.36
	6	25	100	75	16.0	116.0	0.83	0.28
	8	25	150	125	18.6	163.6	0.55	0.17
	10	25	200	175	11.1	211.1	0.88	
	13	100	100	0	25.2	125.2	1.30	0.28
	15	100	150	50	23.6	173.6	1.02	0.28
	17	100	200	100	18.0	218.0	0.74	
	31	200	200	0	24.8	224.8	0.98	—
31 C	13	5	5	0	101.5	106.5	0.53	0.12
	15	5	50	45	49.4	99.4	0.41	-0.01
	17	5	100	95	21.4	121.4	0.42	0.18
	19	5	150	145	7.1	157.1	0.24	—
		5	200	—	—	—	0	
	2	25	25	0	98.6	123.6	0.78	-0.02
	4	25	50	25	68.7	118.7	0.80	0.06
	6	25	100	75	32.6	132.6	0.74	0.21
	8	25	150	125	17.0	167.0	0.53	0.21
	10	25	200	175	19.1	219.1	0.32	
32 C	24	100	100	0	37.9	137.9	0.93	0.17
	26	100	150	50	24.7	174.7	0.76	0.23
	28	100	200	100	28.5	228.5	0.53	
	39	200	200	0	33.4	233.4	0.65	—
	13	5	5	0	83.2	88.2	0.32	0.04
	15	5	50	45	43.9	93.9	0.28	0.11
	17	5	100	95	10.7	110.7	0.17	—
		5	150	—	—	—	0	
	2	25	25	0	94.5	119.5	0.69	-0.004
	4	25	50	25	63.9	113.9	0.694	0.084
	6	25	100	75	28.8	128.8	0.61	0.15
	8	25	150	125	14.5	164.5	0.46	0.20
	10	25	200	175	16.7	216.7	0.26	
	22	100	100	0	40.2	140.2	1.01	0.18
	24	100	150	50	27.1	177.1	0.83	0.27
	26	100	200	100	29.3	229.3	0.56	
	29	200	200	0	39.3	239.3	0.80	—

Versuch und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Total- be- lastung	Latent. Span- nungs- zuwachs	Spanngs- zuwachs während d. Zuckng.	End- span- nung	Zuckungs- höhe	Diffe- renz
		a	b	c	d	e	f	g
33 B	2	5	5	0	97	102	0.50	
	4	5	50	45	69.2	119.2	0.48	0.02
	6	5	100	95	84.7	184.7	0.40	0.08
	8	5	150	145	16.6	166.6	0.25	0.15
	10	5	200	195	4.6	204.6	0.075	0.175
	13	25	25	0	111.9	136.9	0.76	
	15	25	50	25	94.4	144.4	0.72	0.04
	17	25	100	75	51.4	151.4	0.67	0.05
	19	25	150	125	36.9	186.9	0.59	0.08
	21	25	200	175	15.5	215.5	0.26	0.33
	24	100	100	0	61.6	161.6	0.95	
	26	100	150	50	45.2	195.2	0.79	0.16
	28	100	200	100	32.2	232.2	0.58	0.21
	30	100	250	150	22.0	272.0	0.37	0.21
	33	250	250	0	35.1	285.1	0.605	—

Tabelle 2.

Die Reizbarkeitsveränderungen während des Verlaufs von Ueberlastungsversuchen; maximale Reizung (siehe S. 57).

Versuch	Nr.	Belastung	Zuckungs- höhe	Differenz der Zuckungs- höhen
		g	mm	
28	1	25	2.45	-0.02
	19	25	2.43	
29	1	25	1.32	-0.07
	27	25	1.25	
30	19	5	2.48	-0.14
	29	5	2.34	
	1	25	2.00	-0.08
	11	25	1.92	
	12	100	1.35	-0.01
	18	100	1.34	

Versuch	Nr.	Belastung	Zuckungs- höhe	Differenz der Zuckungs- höhen
31	12	g 5	mm 3.86	+0.23
	22	5	3.59	
	1	25	1.77	-0.33
	11	25	1.44	
	23	100	1.14	+0.01
	29	100	1.15	
32	12	5	3.47	-0.57
	20	5	2.90	
	1	25	2.00	-0.01
	11	25	1.99	
	21	100	1.24	-0.01
	27	100	1.23	
33	1	5	3.61	-0.22
	11	5	3.89	
	12	25	1.89	-0.14
	22	25	1.75	
	23	100	1.32	-0.04
	31	100	1.28	

Tabelle 3.

Vergleich zwischen Ueberlastungszuckungen bei isotonischer und auxotonischer Anordnung; maximale Reizung (vergl. S. 61).

Ver- such und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- lastung	An- ordnung	Spannungs- zuwachs vor   während der Zuckung		Zuck- höhe	Diffe- renz	Rela- tionen
		a	b	c	d	e	f	g	h
50 E		g	g		g	g	mm	mm	
	1	10	10	Isoton.	0	0	2.65	1.26	1.91:1
	2	10	10	Auxoton.	0	37.5	1.39		
	4	10	50	Isoton.	40	0	1.18	0.08	1.07:1
	5	10	50	Auxoton.	40	15.5	1.10		
	7	10	100	Isoton.	90	0	0.88	0.12	1.16:1
	8	10	100	Auxoton.	90	14.6	0.76		

6\*

Ver- such und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- lastung	An- ordnung	Spannungs- zuwachs vor   während der Zuckung		Zuck- höhe	Diffe- renz	Rela- tionen
		a	b	c	d	e	f	g	h
50 E Forts.	13	10	200	Isoton.	190	0	0.47	0.15	1.46:1
	14	10	200	Auxoton.	190	10.4	0.32		
	19	10	300	Isoton.	290	0	0.21	0.07	1.57:1
	20	10	300	Auxoton.	290	5.8	0.14		
	22	100	100	Isoton.	0	0	1.81	0.13	1.11:1
	23	100	100	Auxoton.	0	22.9	1.18		
	25	100	150	Isoton.	50	0	0.99	0.11	1.12:1
	26	100	150	Auxoton.	50	19.5	0.88		
	1	10	10	Isoton.	0	0	2.68	1.62	2.53:1
	2	10	10	Auxoton.	0	150.	1.06		
51 B	4	10	50	Isoton.	40	0	1.88	0.50	1.56:1
	5	10	50	Auxoton.	40	106.2	0.88		
	7	10	100	Isoton.	90	0	1.05	0.36	1.52:1
	8	10	100	Auxoton.	90	52.4	0.69		
	13	10	200	Isoton.	190	0	0.64	0.15	1.31:1
	14	10	200	Auxoton.	190	27.5	0.49		
	19	10	300	Isoton.	290	0	0.31	0.02	1.06:1
	20	10	300	Auxoton.	290	21.0	0.29		
	22	10	400	Isoton.	390	0	0.11	0.04	1.58:1
	23	10	400	Auxoton.	390	6.2	0.07		
	25	100	100	Isoton.	0	0	1.47	0.35	1.32:1
	26	100	100	Auxoton.	0	70.1	1.12		
	28	100	200	Isoton.	100	0	0.89	0.11	1.15:1
	29	100	200	Auxoton.	100	42.0	0.78		
	31	100	300	Isoton.	200	0	0.60	0.13	1.30:1
	32	100	300	Auxoton.	200	31.0	0.47		
	1	10	10	Isoton.	0	0	1.75	1.12	2.8:1
	2	10	10	Auxoton.	0	102.8	0.63		
52 C	4	10	100	Isoton.	90	0	0.57	0.10	1.22:1
	5	10	100	Auxoton.	90	23.3	0.47		
	10	10	200	Isoton.	190	0	0.25	0.07	1.43:1
	8	10	200	Auxoton.	190	12.7	0.18		

Ver- such und Feder	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- lastung	An- ord- nung	Spannungs- zuwachs		Zuck- höhe	Diffe- renz	Rela- tionen
		a	b	c	vor	während der Zuckung	f	g	h
52 C Forts.	16	10	250	Isoton.	g	g	mm	mm	
	15	10	250	Auxoton.	240	0	0.14	0.06	1.7 : 1
	27	100	100	Isoton.	0	0	1.08	0.17	1.19 : 1
	26	100	100	Auxoton.	0	37.0	0.91		
	30	100	200	Isoton.	100	0	0.71	0.18	1.34 : 1
	29	100	200	Auxoton.	100	28.6	0.53		
	31	100	300	Isoton.	200	0	0.41	0.08	1.26 : 1
	32	100	300	Auxoton.	200	19.5	0.33		
	34	100	400	Isoton.	300	0	0.22	0.13	2.3 : 1
	35	100	400	Auxoton.	300	6.0	0.09		
	37	100	450	Isoton.	350	0	0.071	0.053	3.94 : 1
	38	100	450	Auxoton.	350	1.2	0.018		
	40	200	300	Isoton.	100	0	0.59	0.08	1.17 : 1
	41	200	300	Auxoton.	100	28.4	0.51		

Tabelle 4.

Ueberlastung; untermaximale, variierende Reizstärke  
(vergl. S. 63; des Vergleiches wegen werden einige Bestimmungen mit  
maximaler Reizung mitgenommen).

## Isotonische Anordnung:

Ver- such	Nr.	Rollen- abstand	Anfangs- spannung	Belastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Zuckungs- höhe
		cm	g	g	g	mm
53	3	0	10	10	0	2.34
	6	0	10	100	90	0.93
	24	0	100	100	0	1.59
	25	0	100	200	100	1.09
	28	0	100	300	200	0.69
	39	11	100	100	0	0.93
	40	11	100	150	50	0.55
	45	11	100	200	100	0.26
	46	11	100	250	150	0.06

Ver- such	Nr.	Rollen- abstand	Anfangs- spannung	Belastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Zuckungs- höhe
		cm	g	g	g	mm
53 (Forts.)	7	12	10	10	0	1.59
	12	12	10	100	90	0.51
	15	12	10	150	140	0.08
	31	12	100	100	0	0.47
	34	12	100	150	50	0.14
	16	13	10	10	0	0.87
	21	13	10	25	15	0.86
	—	13	10	50	—	0

## Auxotonische Anordnung:

Ver- such und Feder	Nr.	Rollen- abstand	An- fangs- span- nung	Belast- ung	Spannungs- zuwachs		End- span- nung	Zuck- höhe
					vor	während		
		a	b	c	d	e	f	g
35 B	2	10	5	5	0	71.5	76.5	0.31
	14	10	50	50	0	71.4	121.4	0.50
	28	10	100	100	0	42.2	142.2	0.513
	44	10	200	200	0	18	218	0.31
	4	10	5	50	45	42	92	0.24
	12	10	5	100	95	2	102	0.02
	16	10	50	100	50	36	136	0.42
	26	10	50	200	150	3.5	203.5	0.06
	30	10	100	150	50	31.4	131.4	0.36
	38	10	100	200	100	9	209.0	0.15
	6	11	5	50	45	29.4	79.4	0.15
	18	11	50	100	50	33.2	133.2	0.38
	32	11	100	150	50	27.6	127.6	0.31
	40	11	100	200	100	6.2	206.2	0.105
	8	12	5	50	45	12.5	62.5	0.056
	20	12	50	100	50	19.8	119.8	0.21
	34	12	100	150	50	12.8	112.8	0.13
36 C	2	10	5	5	0	58.5	63.5	0.22
	28	10	50	50	0	51.7	101.7	0.45
	50	10	100	100	0	28.0	128.0	0.59
	62	0	200	200	0	21.8	221.8	0.38

Ver- such und Feder	Nr.	Rollen- abstand	An- fangs- span- nung	Belast- ung	Spannungs- zuwachs		End- span- nung	Zuck- höhe
					vor der Zuckung	während der Zuckung		
		a	b	c	d	e	f	g
		cm	g	g	κ	g	g	gmm
36 C (Forts.)	4	10	5	50	45	36.5	86.5	0.17
	16	10	5	100	95	3.8	103.8	0.056
	30	10	50	100	50	19.0	119.0	0.36
	44	10	50	150	100	5.8	155.8	0.19
	—	0	50	200	—	—	—	0
	52	10	100	150	50	9.0	159.0	0.30
	58	10	100	200	100	6.8	206.8	0.078
	6	11	5	50	45	37.4	87.4	0.17
	20	11	5	100	95	3.3	103.3	0.05
	32	11	50	100	50	17.4	117.4	0.82
	46	11	50	150	100	5.1	155.1	0.17
	54	11	100	150	50	8.0	158.0	0.26
	8	12	5	50	45	24.4	74.4	0.09
	34	12	50	100	50	12.1	112.1	0.20
	56	12	100	150	50	3.0	153.0	0.10
37 E	2	10	5	5	0	33.4	38.4	1.10
	27	10	50	50	0	16.8	66.8	1.18
	46	10	100	100	0	18.4	118.4	0.94
	54	10	200	200	0	18.2	218.2	0.49
	4	10	5	50	45	7.4	57.4	0.56
	14	10	5	100	95	2.3	102.3	0.14
	—	0	5	150	—	—	—	0
	29	10	50	100	50	13.0	113.0	0.68
	39	10	50	200	150	6.2	206.2	0.19
	48	10	100	200	100	9.8	209.8	0.31
	6	11	5	50	45	7.0	57.0	0.52
	16	11	5	100	95	0.7	100.7	0.036
	31	11	50	100	50	10.3	110.3	0.55
	41	11	50	200	150	0.7	200.7	0.02
	50	11	100	200	100	3.6	203.6	0.11
	—	11.5	100	200	—	—	—	0
	8	12	5	50	45	2.6	52.6	0.19
	33	12	50	100	50	5.4	105.4	0.29
	—	13	5	50	—	—	—	0
	35	13	50	100	50	0.6	100.6	0.017



Ver- such und Feder	Nr.	Rollen- abstand	An- fangs- span- nung	Belast- ung	Spannungs- zuwachs		End- span- nung	Zuck- höhe
					vor	während der Zuckung		
		a	b	c	d	e	f	g
		cm	g	g	g	g	g	mm
38 E	8	12	5	5	0	29.8	34.8	0.94
	20	12	50	50	0	11.4	61.4	0.84
	29	12	100	100	0	10.0	110.0	0.53
	40	11(?)	200	200	0	10.4	210.4	0.39
	10	12	5	50	45	4	54	0.29
	11	12	5	100	—	—	—	0
	22	12	50	100	50	7.0	107.0	0.42
	24	12	50	150	100	2.0	152.0	0.067
	31	12	100	150	50	4.0	154.0	0.14
	32	12	100	200	—	—	—	0
	5	13	5	5	0	23.1	28.1	0.67
	16	13	50	50	0	8.4	58.4	0.62
	26	13	100	100	0	4.5	104.5	0.24
	6	13	5	50	—	—	—	0
	18	13	50	100	50	2.1	102.1	0.11
	27	13	100	150	—	—	—	0
	2	14	5	5	0	13.0	18.0	0.39
	13	14	50	50	0	4.3	54.3	0.32
	3	14	5	50	—	—	—	0
	14	14	50	100	—	—	—	0
53 E	2	0	10	10	0	41.0	51.0	1.55
	23	0	100	100	0	26.6	126.6	1.44
	5	0	10	100	90	17.5	117.5	0.90
	26	0	100	200	100	23.1	223.1	0.94
	29	0	100	300	200	28.0	328.0	0.60
	8	12	10	10	0	29.9	39.9	1.03
	32	12	100	100	0	6.7	106.7	0.35
	11	12	10	100	90	6.0	106.0	0.31
	14	12	10	150	140	1.0	151.0	0.035
	35	12	100	150	50	1.6	151.6	0.059
	17	13	10	10	0	14.3	24.3	0.41
	20	13	10	25	15	5.2	30.2	0.17
	—	13	10	50	—	—	—	0

Tabelle 5.

Die mechanische Arbeit bei Ueberlastungsversuchen, mit derjenigen bei directer Belastung verglichen (siehe S. 67)

Isotonische Anordnung; maximale Reizung.

Ver- such	Ueberlastung				Directe Belastung		
	Anfangs- spannung	Belastung	Latenter Spannungs- zuwachs	Arbeit a	Belastung	Arbeit b	Differenz b-a
50	g	g	g	gmm	g	gmm	
	10	50	40	58.8	10	26.46	
	10	100	90	88.2	100	130.83	42.63
	10	150	140	100.11			
	10	200	190	94.67			
	10	250	240	80.85			
	10	300	290	68.5			
51					10	26.75	
	10	50	40	68.85	100	147.0	44.75
	10	100	90	105.25			
	10	150	140	126.26			
	10	200	190	127.01			
	10	250	240	121.28			
	10	300	290	98.49			
	10	400	390	44.69			
	100	200	100	178.75			
	100	300	200	180.81			
52					10	17.52	
	10	100	90	57.53	100	105.84	48.51
	10	200	190	50.57			
	10	250	240	33.81			
	10	300	—	0			
	100	200	100	141.2			
	100	300	200	123.48	300	211.68	88.20
	100	400	300	85.85			
	100	450	350	31.75			

## Auxotonische Anordnung; maximale Reizung.

Ver- such und Feder	Ueberlastung					Directe Belastung				Differenz b-a	
	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- last- ung	Spannungs- zuwachs vor   wäh- rend der Zuckung		Ar- beit a	Nr.	An- fangs- span- nung	Span- nungs- zu- wachs		Ar- beit b
		g	g	g	g	gmm		g	g	gmm	
28 E							2	25	48	94.44	
	4	25	50	25	26.9	114.44	13	50	30.4	132.06	17.6
	6	25	100	75	27.6	162.32	16	100	36.2	205.8	43.5
	8	25	150	125	25.5	176.98					
	10	25	200	175	19.9	177.02	18	200	38.9	303.0	125.38
29 E							2	25	25.8	41.01	
	6	25	50	25	10.4	42.9					
	4	25	100	75	8.1	44.75	13	100	14.9	82.9	38.15
	8	25	150	125	5.4	28.82	24	150	14.4	93.35	64.53
	—	25	200	—	—	0					
	15	100	150	50	11.8	70.08	24	150	14.4	93.35	23.27
	17	100	200	100	7.1	45.19	26	200	13.0	98.35	53.16
30 E							20	5	36.6	29.08	
	22	5	50	45	11.8	48.39					
	24	5	100	95	10.4	58.38	13	100	25.2	146.51	88.13
	26	5	150	145	9.8	50.21					
	28	5	200	195	5.9	30.98	31	200	24.8	208.64	177.66
	4	25	50	25	17	69.48					
	6	25	100	75	16	89.31	13	100	25.2	146.52	57.20
	8	25	150	125	13.6	86.16					
	10	25	200	175	11.1	77.57	31	200	24.8	208.64	131.07
	15	100	150	50	23.6	164.81					
	17	100	200	100	18.0	153.72	31	200	24.8	208.64	44.92
31 C							13	5	101.5	36.4	
	15	5	50	45	49.4	34.22					
	17	5	100	95	21.4	47.22	24	100	37.9	113.82	66.60
	19	5	150	145	7.1	36.22					
	—	5	200	—	—	0	39	200	33.4	142.19	( > 142.19 )
	4	25	50	25	68.7	77.32					
	6	25	100	75	32.6	87.16	24	100	37.9	113.82	26.66
	8	25	150	125	17.0	84.25					
	10	25	200	175	19.1	67.44	39	200	33.4	142.19	74.75

Ver- such und Feder	Ueberlastung					Directe Belastung				Differenz b-a
	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- last- ung	Spannungs- zuwachs vor wäh- rend der Zuckung	Ar- beit a	Nr.	An- fangs- span- nung	Span- nungs- zu- wachs	Ar- beit b	
31 C Forts.	26	g 100	g 150	g 50	g 24.7	gramm 123.02		g	g	gramm
	20	100	200	100	28.5	114.32	39	200	33.4	142.19
32 C							13	5	83.2	16.15
	15	5	50	45	43	21.91	22	100	40.2	125.07
	17	5	100	95	10.7	17.54				
	—	5	150	—	—	0				
	4	25	50	25	63.9	65.0				
	6	25	100	75	28.8	70.81	22	100	40.2	125.07
	8	25	150	125	14.5	72.44				
	10	25	200	175	16.7	54.68	29	200	39.3	177.06
	24	100	150	50	27.1	135.24				
	26	100	200	100	29.3	120.91	29	200	39.3	177.06
33 B							2	5	97	30.8
	4	5	50	45	69.2	42.89				
	6	5	100	95	34.7	47.69	24	100	61.6	129.54
	8	5	150	145	16.6	39.98				
	—	5	200	—	—	0	33	200	35.1	161.85 (> 161.85)
	15	25	50	25	94.4	75.12				
	17	25	100	75	51.4	85.62	24	100	61.6	129.54
	19	25	150	125	36.9	98.63				
	21	25	200	175	15.5	53.62	33	200	35.1	161.85
	26	100	150	50	45.2	139.23				
	28	100	200	100	32.2	124.78	33	200	35.1	161.85
	30	100	250	150	22	95.61				
50 E							2	10	35.5	42.93
	5	10	50	40	15.5	63.49				
	8	10	100	90	14.6	81.38	23	100	22.9	181.05
	11	10	150	140	13.7	88.0				
	14	10	200	190	10.4	66.36				
	17	10	250	240	10.0	69.73				
	20	10	300	290	5.8	40.96				
	26	100	150	50	19.5	141.89				

Ver- such und Feder	Ueberlastung					Directe Belastung				Differenz b-a		
	Nr.	An- fangs- span- nung	Be- last- ung	Spannungs- zuwachs		Ar- beit a	Nr.	An- fangs- span- nung	Span- nungs- zu- wachs		Ar- beit b	
				vor	wäh- rend der Zuckung							
51 B		g	g	g	g	gmm		g	g	gmm		
							2	10	150.0	106.27		
	5	10	50	40	106.2	99.61						
	8	10	100	90	52.4	89.80	26	100	70.1	157.68	67.88	
	11	10	150	140	39.0	105.14						
	14	10	200	190	27.5	108.69						
	17	10	250	240	22.8	99.90						
	20	10	300	290	21.0	91.28						
	23	10	400	390	6.2	28.44						
	29	100	200	100	42.0	171.51						
	32	100	300	200	31.0	146.56						
52 C							2	10	102.8	48.92		
	5	10	100	90	23.3	53.16	26	100	37.0	110.06	56.90	
	8	10	200	190	12.7	36.56						
	15	10	250	240	3.9	20.0						
		29	100	200	100	28.6	144.44					
		32	100	300	200	19.5	101.08					
		35	100	400	300	6.0	37.91					
		38	100	450	350	1.2	7.95					
		41	200	300	100	28.4	158.88					

Tabelle 6.

Vergleich zwischen den Arbeitswerthen bei Isotonie und bei Auxotonie; Ueberlastung; maximale Reizung (vergl. S. 73).

Ver- such und Feder	Anfangs- span- nung	Spannungs- zuwachs		Arbeit bei	
		vor	wäh- rend der Zuckung	Isotonie	Auxo- tonie
		g	g	gmm	gmm
50 E	10	0	0	26.4	—
	10	0	37.5	—	42.93
	10	40	0	58.5	—
	10	40	15.5	—	63.49

Ver- such und Feder	Anfangs- span- nung	Spannungs- zuwachs		Arbeit bei	
		vor	wäh- rend der Zuckung	Isotonie	Auxo- tonie
50 E (Forts.)	g	g	g	gmm	gmm
	10	90	0	88.2	—
	10	90	14.6	—	81.38
	10	140	0	100.11	—
	10	140	13.7	—	88.0
	10	190	0	94.67	—
	10	190	10.4	—	66.36
	10	240	0	80.85	—
	10	240	10.0	—	69.73
	10	290	0	63.50	—
	10	290	5.8	—	40.96
	100	0	0	130.83	—
	100	0	22.9	—	131.05
	100	50	0	148.61	—
	100	50	19.5	—	141.89
51 B	10	0	0	26.75	—
	10	0	150.0	—	106.27
	10	40	0	68.85	—
	10	40	106.2	—	99.61
	10	90	0	105.25	—
	10	90	52.4	—	89.80 <sup>1</sup>
	10	140	0	126.28	—
	10	140	39.0	—	105.14
	10	190	0	127.01	—
	10	190	27.5	—	103.69
	10	240	0	121.28	—
	10	240	22.8	—	99.90
	10	290	0	93.49	—
	10	290	21.0	—	91.28
	10	390	0	44.69	—
	10	390	6.2	—	28.44

<sup>1</sup> Dieser Werth ist durch Zufall zu niedrig geworden.

Ver- such und Feder	Anfangs- span- nung	Spannungs- zuwachs		Arbeit bei	
		vor	wäh- rend der Zuckung	Isotonie	Auxo- tonie
	g	g	g	gmm	gmm
51 B	100	0	0	147.0	—
(Forts.)	100	0	70.1	—	157.68
	100	100	0	178.75	—
	100	100	42.0	—	171.51
	100	200	0	180.81	—
	100	200	31.0	—	146.56
52 C	10	0	0	17.52	—
	10	0	102.8	—	48.92
	10	90	0	57.33	—
	10	90	23.3	—	53.16
	10	190	0	50.57	—
	10	190	12.7	—	36.56
	10	240	0	33.81	—
	10	240	3.9	—	20.0
	100	0	0	107.9	—
	100	0	37.0	—	110.6
	100	100	0	129.36	—
	100	100	28.6	—	114.44
	100	200	0	123.48	—
	100	200	19.5	—	101.08
	100	300	0	85.85	—
	100	300	6.0	—	37.91
	100	350	0	31.75	—
	100	350	1.2	—	7.95
	200	100	0	178.16	—
	200	100	28.4	—	158.88

Tabelle 7.

Mechanische Arbeit bei Versuchen mit Ueberlastung und untermaximaler Reizung (vergl. oben S. 76).

Isotonische Anordnung.

Ver- such	Anfangs- spannung	Be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Arbeit, in gmm, bei den Abständen			
				0 cm	11 cm	12 cm	13 cm
53	g	g	g				
	10	10	0	23.4	—	15.88	8.7
	10	25	15	—	—	—	8.39
	10	50	40	—	—	—	0
	10	100	90	92.9	—	39.98	—
	10	150	140	—	—	11.91	—
	100	100	0	158.76	92.9	46.45	—
	100	150	50	—	82.91	20.29	—
	100	200	100	217.5	51.74	—	—
	100	250	150	—	14.7	—	—
	100	300	200	205.51	—	—	—

Auxotonische Anordnung.

Ver- such und Feder	Anfangs- spannung	Be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Arbeit, in gmm, bei den Abständen			
				0 cm	11 cm	12 cm	13 cm
35 B	g	g	g				
	5	5	0	13.71	—	—	—
	5	50	45	17.69	9.69	3.13	—
	5	100	95	1.96	—	—	—
	50	50	0	45.22	—	—	—
	50	100	50	49.44	44.8	23.49	4.84
	50	200	150	11.76	—	—	—
	100	100	0	62.17	—	—	—
	100	150	50	58.85	50.45	19.53	—
	100	200	100	31.22	21.42	—	—



Ver- such und Feder	Anfangs- spannung	Be- lastung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Arbeit, in gmm, bei den Abständen			
				0 cm	11 cm	12 cm	13 cm
36 C	g	g	g				
	5	5	0	8.10	—	—	—
	5	50	45	[11.77]	12.24	5.87	0
	5	100	95	5.68	5.08	0	—
	5	200	195	[0 cm : 0]	—	—	—
	50	50	0	38.97	—	—	—
	50	100	50	39.89	34.99	21.31	0
	50	150	100	29.27	25.82	< 5.85	—
	50	200	150	[0 cm : 0]	—	—	—
	100	100	0	68.32	—	—	—
	100	150	50	46.31	40.61	15.5	—
	100	200	100	15.8	—	—	—
37 E	5	5	0	25.64	—	—	—
	5	50	45	29.80	27.77	9.96	0
	5	100	95	14.04	3.62	—	—
	5	150	145	[0 cm : 0]	—	—	—
	50	50	0	69.03	—	—	—
	50	100	50	72.15	57.48	29.35	1.72
	50	200	150	38.22	4.46	—	—
	100	100	0	103.3	—	—	—
	100	200	100	62.54	22.4	0	—
				11 cm	12 cm	13 cm	14 cm
38 E	5	5	0	—	18.75	11.03	4.56
	5	50	45	—	15.3	0	0
	5	100	95	—	0	—	—
	50	50	0	—	47.34	33.69	16.5
	50	100	50	—	43.55	11.22	0
	50	150	100	—	10.06	—	—
	100	100	0	86.76	58.61	24.41	—
	100	150	50	73.61	21.94	0	—
	100	200	100	36.04	0	—	—

Zusammenstellung der vorhergehenden Versuche, welche zeigen, bei welcher Reizstärke die Arbeit mit verschiedenen Anfangsspannungen und Ueberlastungen ihr Minimum erreicht (vergl. S. 76).

Anfangs- span- nung	Be- lastung	Rollenabstand, wo minimale oder gar keine Arbeit mehr ausgeführt wurde (und innerhalb der Parenthesen die Zahl der observirten Fälle)	Versuche, bei welchen die Be- stimmungen gemacht wurden.
5	50	12 <sup>cm</sup> (1), 13 <sup>cm</sup> (3) . . . . .	35; 36, 37 und 38
5	100	10 <sup>cm</sup> (1), 11 <sup>cm</sup> (2), 12 <sup>cm</sup> (1) . . . .	35; 36 und 37; 38
5	150	0 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	37
5	200	0 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	38
10	50	13 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	58
10	150	12 <sup>cm</sup> oder etwas niedriger; 1 Fall) . .	53
50	100	13 <sup>cm</sup> (3), 14 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	35, 36 und 37; 38
50	150	12 <sup>cm</sup> (2), 11 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	36 und 38; 37
50	200	0 <sup>cm</sup> (1), nicht bei 10 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	36; 35
100	150	13 <sup>cm</sup> (1), nicht bei 12 <sup>cm</sup> (1) . . . . .	38; 36
100	200	12 <sup>cm</sup> (2). nicht bei 10 und 11 <sup>cm</sup> (2) . .	37 u. 38; 35 u. 36.

# Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels.<sup>1</sup>

Von

C. G. Santesson.

Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

## Dritte Abhandlung.

### Ueber den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckungen bei verschiedener Belastung, Spannung und Reizstärke.

#### A. Einleitung.

Die ersten Bestimmungen des zeitlichen Verlaufes einfacher Muskelzuckungen rühren von Helmholtz<sup>2</sup> her. Er fand, dass die Latenzzeit ungefähr 0.01" war und nach den mitgetheilten Myogrammen zu urtheilen — betrug die Zeit vom Beginn der Muskelzuckung bis zu ihrem Culminationspunkte (Culmenzeit) nicht ganz 0.05"—0.07".

Place<sup>3</sup> untersuchte bei auxotonischer Versuchsweise, wie lange Zeit von dem Augenblicke des Reizes bis zum Culmenpunkte der Zuckung verstrich und fand, dass bei directer Belastung variirend von 0—375<sup>g</sup>, die genannte Zeit nach Auffassung des Verf. ziemlich constant (0.051"—0.082") war. Die längste Periode fiel mit einer Belastung von 125<sup>g</sup> zusammen, die kürzeste mit einer von

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen am 15. October 1891.

<sup>2</sup> Helmholtz, Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animal. Muskeln etc. Joh. Müller's *Archiv f. Anatomie u. Physiologie* 1850, S. 276—364 und 1852, S. 199—216. (Siehe Helmholtz, *Wissenschaftliche Abhandlungen* II, 2. Leipzig 1883, S. 764—844 sowie Tafel V, Bild 3 u. Taf. II, Bild 5—7).

<sup>3</sup> T. Place, *De contractie-golf der willekeurige spieren*. Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrecht'sche Hoogeschool. Tweede reeks, I. 1868. S. 73—138.

350<sup>s</sup>. Der grösste Unterschied ist allerdings, absolut genommen, gering (0.03"), beträgt aber doch ungefähr 60% vom Minimum. Bei steigender Ueberlastung variirten die Werthe mit diesem noch etwas mehr.

Kländler<sup>1</sup> liess dem Muskel seine Bewegung auf eine Schreibfläche aufzeichnen, die an dem einen Arme einer schwingenden Stimmgabel befestigt war, und studirte auf diese Weise den zeitlichen Verlauf der Zuckungen bei einigen verschiedenen Versuchsweisen. Hierbei fand er, dass die Culmenzeit *a*) mit einer sehr leichten Gänsefeder (Vers. 9 u. 10) 0.06"—0.07" betrug, *b*) mit einem etwas schwereren hölzernen Schreibarm (Vers. 1—5) nahezu 0.05", *c*) mit einem messingenen Schreibarm (Pflüger's Myograph; Vers. 6—8) 0.06"—0.07", *d*) mit dem letztgenannten, equilibriert (Vers. 11) 0.085", *e*) mit dem gleichen, mit 100<sup>s</sup> beschwert, 0.095"—0.12". Von den zuletzt angeführten Werthen (*e*) schliesst Kländler (siehe S. 127), dass die Culmenzeit mit zunehmender Belastung steigt. Mir scheint, als ob die Verlängerung der Culmenzeit in diesen Fällen davon hätte können abhängig gewesen sein, dass die grossen Massen, welche in Bewegung gesetzt werden sollten, den früheren Abschnitt der Contraction verzögert und eine Schleuderung unter deren letzteren Theil auf die Weise verursacht hätte, wie Fick, Tigerstedt und Starke in Bezug auf Zuckungen mit equilibrierten Massen gezeigt haben, da die Culmenzeit bei Vermehrung des Trägheitsmomentes (bis zu einer gewissen Grenze) zunimmt. [Auf die hier angezogenen Untersuchungen der genannten Forscher werde ich in einem folgenden Aufsätze zurückkommen.] Auch Kländler's Bestimmung (*d*) oben, wo der Muskel Pflüger's equilibrierten, ziemlich massenreichen Schreibarm in Bewegung gesetzt hat, zeigt eine verlängerte Culmenzeit und spricht für die Richtigkeit dieser Deutung. Nach Kländler (siehe S. 127) soll Helmholtz angedeutet haben, dass die Culmenzeit mit zunehmender Belastung stieg, und Marey soll (in „du mouvement dans les fonctions de la vie“, S. 363, Bild 114) Curven mitgetheilt haben, welche dasselbe zeigen. Soviel ich weiss, hat Helmholtz nur gesagt, dass der Muskel bei grösserer Initialspannung und Ueberlastung längere Zeit braucht, um dieselbe (latente) Spannungszunahme zu entwickeln als bei geringerer Anfangstension; dagegen hat er sich nicht über die Culmenzeit bei wechselnder directer Belastung geäussert. Die genannte Stelle bei Marey, welche sich darauf bezieht, dass der Contractionszustand im Muskel protrahirt wird, wenn derselbe

<sup>1</sup> Kländler, Voruntersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung.“ Arbeiten aus dem Kieler physiolog. Institut von V. Hensen. 1869. S. 107—130.

in der gerade vor sich gehenden Verkürzung plötzlich gehemmt wird, kann nicht als Stütze für Klünder's Ansicht angeführt werden.

Fick<sup>1</sup> hat bei isotonischer Anordnung die Form der Muskelcurven (und damit natürlich den zeitlichen Verlauf der Zuckungen) „in weiten Grenzen“ unabhängig von der Belastung gefunden; indessen hatte bei dem mitgetheilten Versuche die Belastung des Muskels nur ungefähr zwischen 3·5—17<sup>s</sup> variirt. Die Culmenzeit bestimmte er auf 0·064".

Nawalichin<sup>2</sup> mass die ganze Contractionszeit und fand diese bei constanter Belastung unabhängig von der Höhe der Zuckung, wenn diese bei verschiedener untermaximaler Reizstärke variirte. Die Dauer der Contraction war nach dem Verfasser ungefähr 0·1"—0·15" oder etwas darüber. — Zu dem hinsichtlich der Culmenzeit, in der Hauptsache, gleichen Resultat kam Brücke<sup>3</sup>, welcher überdies auch (mit Hilfe einer federnden Schreibvorrichtung) zeigte, dass die Culmenzeit ziemlich unabhängig davon war, wie schnell die Spannung während der Contraction wuchs. Die Culmenzeit war bei Brücke's Versuchen 0·06"—0·07".

Nach Yeo & Cash<sup>4</sup> bleibt die Dauer der ganzen Contraction wie auch die der Culmenzeit ganz constant unabhängig von den Wechselungen in der Reizstärke und der Belastung. Nur bei sehr geringer Belastung ist genannte Zeit etwas länger. Die Verfasser haben im allgemeinen gefunden, dass die Culmenzeit 0·05 — 0·07" war. Die von den Verfassern angeführten Versuchsprotokolle zeigen übrigens verhältnissmässig recht grosse und theilweise ziemlich unregelmässige Variationen bei wechselnder Belastung und Reizstärke.

Den Einfluss von Ermüdung und Temperaturwechseln auf den zeitlichen Verlauf der Contraktionen, wie auch die Frage bezüglich der Duration der Latenzzeit übergehe ich, da sie nicht Gegenstand meiner Versuche gewesen sind.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Fick, Ueber die Aenderung der Elasticität des Muskels während der Zuckung. *Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd. IV. 1871. S. 309.

<sup>2</sup> J. Nawalichin, Myothermische Untersuchungen. *Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd. 14. 1877. S. 324—327.

<sup>3</sup> Brücke, Ueber willkürliche u. krampfartige Bewegungen. *Sitzungsb. d. Wiener Akademie d. Wissenschaften*. Bd. 76. Abth. 3. 1877. S. 255—258.

<sup>4</sup> Yeo & Cash, On the relations between the active phases of contraction and the latent period of skeletal muscle. *Journal of physiology*. Vol. 4. 1883. S. 198—221.

<sup>5</sup> Hinsichtlich des Einflusses von Ermüdung siehe: Helmholtz (Messungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Reihe II. Joh. Müller's *Archiv für Anatomie und Physiologie*. 1852. S. 212. Vergl. Helmholtz, *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Bd. II. Abth. 2. Leipzig 1883.

## B. Methodik der Zeitbestimmungen.

Obgleich, wie aus der obenstehenden kurzen Uebersicht hervorgeht, der zeitliche Verlauf der Muskelcontractionen Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen ist, glaube ich doch die Resultate der von mir vorgenommenen Zeitmessungen mittheilen zu müssen, da dieselben zahlreich sind und es Versuche mit mehreren verschiedenen Versuchsweisen gilt. Sie sind hauptsächlich auf das Studium der Zeit gerichtet, welche für den Muskel nothwendig ist, um das Maximum der Zusammenziehung zu erreichen, und zwar sowohl vom Reizungs Augenblicke an gerechnet, wie von dem Zeitpunkte, da die Muskelcurve beginnt, von der Abscisse aufzusteigen.

Bei sämtlichen Versuchen habe ich den von Marey construirten Apparat mit der grössten Schnelligkeit des Cylinders gebraucht: 1<sup>mm</sup> vom Umkreise (auf der Papierfläche gerechnet) entsprach einer Zeit von 0.0035". Der Reizmoment, welcher immer einer bestimmten Stellung des Cylinders entsprach,<sup>1</sup> wurde auf gewöhnliche Weise (durch Auslösung einer Zuckung bei sehr langsam bewegten Cylinder) nur bei einigen Observationen besonders bestimmt; bei den übrigen wurde derselbe dadurch angegeben, dass die experimentell bestimmten Punkte mit einer geraden Linie verbunden wurden oder dadurch, dass ich die Schreibfeder eine Linie zeichnen liess, welche von einem experimentell bestimmten Punkte ausging, der dem Reizmomente entsprach, und die Abscissen der übrigen Muskelcurven in denjenigen Punkten winkelrecht schnitt, welche für diese den Reizmoment angaben. Dieses Vorgehen ist mir hinreichend exact erschienen, da ich keine absoluten Bestimmungen der Länge der Latenzzeit erstrebt habe, sondern nur die Zeit, welche vom Reizungs Augenblicke an verstreicht, bis der Muskel das Maximum der Verkürzung erreicht, messen wollte, eine Zeit, welche bekanntlich wohl so lang ist, dass bei deren Bestimmung kleine Fehler von geringerer Bedeutung sind.

S. 857 und Taf. II, Fig. 4), Kronecker, *Bericht der Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften*, 1871 — wie auch *Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig* 1871), Funke (Ueber den Einfluss der Ermüdung etc. *Pflüger's Archiv*, Bd. 8. 1874), Tiegel (*Bericht der Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften* 1875 und *Pflüger's Archiv*. Bd. 13. 1876) u. a. — Die Temperatur betreffend siehe: Gad & Heymann's (Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, physiolog. Abth. Supplementband. 1890. S. 59—115). Ueber die Latenzzeit siehe: Tigerstedt, Untersuchung über die Latenzdauer der Muskelzuckung etc. *Archiv für Anat. u. Physiologie*. Phys. Abth. Suppl.-Bd. 1885. S. 113—264.

<sup>1</sup> Der primäre Strom wurde nämlich durch ein an der Kante des Cylinders hervorragendes Stiftchen unterbrochen.

Der Punkt, da die Muskelzuckung ihr Culmen erreicht hatte, wurde auf folgende Weise bestimmt: Eine in Millimeter eingetheilte gläserne Scala wurde so angebracht, dass deren eine, mit den Gradstrichen parallele Kante wie eine Tangente zum höchsten Punkte der Curve lief, während einer der Theilstriche an der Scala so eingestellt wurde, dass er eine der mit einander parallelen Abscissen der Muskelcurven deckte. Hiernach wurde mit einer feinen Nadel am Culmenpunkte ein Zeichen gesetzt. Dann wurde der mit dem Culmenpunkte correspondirende Punkt an der Abcisse der Curve in der Weise bestimmt, dass der eine Fuss von einem Zirkel, dessen Spitzen so weit von einander entfernt waren, wie in dem gegebenen Falle die Schreibfeder lang war, auf den bestimmten Culmenpunkt gesetzt wurde, während der andere Zirkelfuss auf einen Punkt an der Abcisse der Curve applicirt wurde, der der Lage von der Achse des Schreibarmes in dem fraglichen Augenblicke entsprach. Mit dieser letzteren Stelle als Mittelpunkt wurde nun mit dem zuerst genannten Zirkelfusse ein Zeichen auf der Curvenabscisse gemacht, entsprechend dem Culmenpunkte. Darauf wurde der Abstand von diesem Zeichen bis zu dem, welches den Reizmoment angab, mit Hilfe der in Millimeter getheilten gläsernen Scala und mit der Lupe gemessen.

In nicht wenigen Fällen ist die Bestimmung des Culmenpunktes der Muskelcurve mit grossen Schwierigkeiten verbunden, ja geradezu unmöglich. Bei ganz niedrigen Zuckungen, wie mit sehr grosser Belastung oder sehr schwacher Reizung, erreicht der Muskel gewöhnlich recht bald eine Verkürzung, welche sich dem Maximum der in Frage stehenden Zuckung ziemlich viel nähert; wann dann aber der Culmenpunkt wirklich erreicht wird, ist in den meisten Fällen unmöglich exact anzugeben. Auch bei höheren Zuckungen sieht man mitunter zwei Culmenpunkte, Plateaubildung u. dergl., welche es unsicher machen wo das Culmenzeichen zu setzen ist. Alle solche mehr zweifelhaften Fälle sind ausgelassen.

Obgleich ich, wie bereits erwähnt, nicht das Studium von der Latenzzeit der Muskelzuckung erstrebt habe, ist doch vergleichshalber in verschiedenen Fällen eine Art Bestimmung genannter Zeitmomente gemacht, indem ich mit Hilfe der Lupe und einer feinen Nadel die Stelle gekennzeichnet habe, wo die Muskelcurve die erste Andeutung zeigte, sich von der Abcisse zu entfernen, wonach der Abstand zwischen diesem Zeichen und dem für den Reizungs Augenblick mit der Lupe und der genannten gläsernen Scala gemessen wurde. Die so erhaltenen Werthe sind natürlich nicht so exact als die, welche man dann bekommt, wenn man den Muskel den Anfang der Contraction durch

Unterbrechung eines fein eingestellten elektrischen Contactes angeben lässt (Tigerstedt). Die auf die erstere Weise erhaltenen Werthe werden im allgemeinen etwas zu lang, besonders wenn die Muskelcurve von der Abscisse langsam aufsteigt und der Punkt, wo dies geschieht, nicht einmal ungefähr exact bestimmbar wird. Ich habe jedoch mit meinen primitiven Mitteln in Versuchen mit maximaler Reizung und directer variirender Belastung fast constant eine Latenzzeit von 0.006" bis 0.007, zuweilen sogar von 0.0055" bekommen, was die von Place, Tigerstedt u. a. angegebenen Durchschnittswerthe nur wenig übersteigt. Bezüglich meiner Zeitbestimmungen ist also festzuhalten, dass die Latenzzeit die Zeit vom Reizungs Augenblicke bis zu dem Momente bezeichnet, da zuerst eine Verkürzung auf der Muskelcurve zu erkennen ist, und dass unter Culmenzeit die Zeit vom letztgenannten Augenblick bis zu dem, wo die Muskelcurve das Maximum der Verkürzung angiebt, gemeint ist.

Ehe ich zur Mittheilung von den Resultaten der Zeitmessungen übergehe, muss ich bei ein Paar Fragen etwas verweilen, nämlich: Was bedeutet es, dass die Verkürzung des Muskels aufhört und in Verlängerung übergeht, und in welchem Verhältnisse steht in verschiedenen Fällen der Culmenpunkt auf dem Myogramme zu dem Prozesse im Muskel? In Bezug auf die erste Frage sei hier daran erinnert, dass, wie unter anderen Heidenhain<sup>1</sup> angedeutet hat, der belastete Muskel wahrscheinlich auch während seines Verlängerungsstadiums fortdauernd Kraft entwickelt. Der absteigende Schenkel der Curve verläuft nämlich nicht so, als wenn der Hebel und das Gewicht durch ihre Schwere herabfielen, sondern dieselben werden von dem Muskel wenigstens während eines Theiles der genannten Periode getragen. Nach Landau und Pacully<sup>2</sup> (bei Heidenhain) soll auch der Muskel mehr ermüdet werden, wenn er während des Verlängerungsstadiums belastet ist, als wenn er dies nicht ist. Wenn der Muskel das Maximum der Verkürzung erreicht hat, ist darum die durch die Reizung verursachte Kraftproduction noch nicht zu Ende. Gewiss aber ist es, dass dieselbe soviel abgenommen hat, dass sie in dem genannten Momente diejenige Belastung im Gleichgewicht hält, welche dann auf den Muskel wirkt, um im nächsten Augenblicke so verringert zu werden, dass eine Wiederverlängerung des Muskels eintritt. Das Aufhören der Verkürzung und der Uebergang in das Verlängerungsstadium geben wenigstens

<sup>1</sup> Heidenhain, *Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung etc.* Leipzig. 1864. S. 166.

<sup>2</sup> Landau u. Pacully, *Archiv für die gesammte Physiologie.* II. 1869. S. 423.



ungefähr den Zeitpunkt für eine schnelle Verminderung in der Kraftentwicklung des Muskels an, und diesem Momente gerade habe ich bei den Bestimmungen der Culmenzeiten beikommen wollen.

Inwieweit kann man annehmen, dass die Culmenpunkte auf den Myogrammen dem Zeitpunkte für das Maximum der Verkürzung und für den Eintritt erwähnter Kraftverminderung entsprechen? Die Antwort auf diese Frage wird bei den Versuchen verschiedener Art auch eine verschiedene. Bei auxotonischer Anordnung muss die Feder nothwendigerweise die Form der Bewegung des freien Muskelendes angeben, die Feder schmiegt sich, so zu sagen, nach dem Verlaufe dieser Bewegung und ein „Wurf“ ist nicht möglich. Die während der Zuckung unaufhörlich steigende Gegenspannung, die immerfort vermehrte Tendenz der elastischen Feder, sich aufs Neue zu verkürzen, bringen es mit sich, dass, sobald die mehrfach genannte schnelle Abnahme in der Kraftentwicklung eingetreten ist — oder wenigstens einen gewissen Grad erreicht hat — die Verkürzung aufhört und von einer schnellen Verlängerung des Muskels gefolgt wird. Hier giebt also das Myogramm von dem wirklichen Verlauf des Processes ein so treues Bild wie möglich. Bei sogen. isotonischer Zuckung und frei hängendem Gewicht kann man nicht vollkommen gewiss sein, dass nicht ein Wurf das Myogramm wenigstens etwas deformirt hat, und dies nicht nur so, dass der Culmenpunkt der Curve etwas zu hoch über die Abscissen gehoben worden ist, sondern auch so, dass derselbe in horizontaler Richtung etwas verschoben ist, wodurch die Zeitbestimmung unrichtig wird. Bei ganz geringer Belastung und sogen. isotonischer Anordnung, die ich bei der Mehrzahl meiner Versuche angewandt habe, ist dieser Fehler vielleicht nicht so ganz unbedeutend gewesen. Um denselben zu controliren habe ich in einer Anzahl Bestimmungen den Faden, an welchem das Gewicht hing, einmal um diejenige Rolle laufen lassen, welche sich mitten unter dem Angriffspunkte des Gewichtes am Schreibarme befand. Hierdurch entstand allerdings eine, wahrscheinlich aber ganz unbedeutende Friction, ein Wurf des Gewichtes jedoch war dadurch wohl nahezu unmöglich gemacht.

#### C. Der zeitliche Verlauf der Muskelzuckungen bei maximaler Reizung und directer, variirender Belastung.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehe ich dazu über, die Resultate der Zeitmessungen bei einigen Versuchen mit directer, variirender Belastung und maximaler Reizung mitzutheilen.

Ich habe in diesen Versuchen vier verschiedene Versuchsarten verglichen: 1. mit frei (vom Schreibarm) herabhängendem Gewicht; 2. mit dem Faden, woran das Gewicht hing, einmal um eine Rolle gelegt; 3. mit dem Gewichte an einem Faden hängend, welcher unter Vermittlung eines Metallstabes um zwei Rollen lief und 4. mit auxotonischer Anordnung.<sup>1</sup> In Tab. I (S. 106 u. 107) werden auch Zuckungshöhen und Arbeitswerthe u. a. mitgetheilt, um eine Uebersicht über deren Verhalten zum zeitlichen Verlauf der Muskelzuckungen zu ermöglichen. An der Spitze jeder Columnne mit Zeitbestimmungen ist der Zeitwerth vollständig ausgeschrieben, bei den folgenden sind die Nullen links ausgelassen und die Ziffern geben Tausendstel Secunden an.

Aus der Tabelle, Col. 1 u. 2, sehen wir die in methodischer Beziehung nicht unwichtige Thatsache bestätigt, dass der zeitliche Verlauf bei der Contraction wenig davon beeinflusst wird, wenn das Gewicht frei hängen darf oder wenn dessen Faden um die genannte Rolle geschlungen und dadurch ein Schwingen des Gewichtes erschwert wird. Wir finden die Latenzzeiten in der Hauptsache gleich, die Culmenzeiten (nebst der Summe der Latenz- und Culmenzeit) bei der letzteren Anordnung bald etwas länger, bald etwas kürzer, die Werthe aber differiren überhaupt ganz unbedeutend von einander (die Durchschnittszahlen weichen 0.001"—0.003" von einander ab, Unterschiede, welche bei den hier angewandten Zeitmessungsmethoden innerhalb der Fehlergrenzen fallen).

Wir sehen aber auch, dass bei den beiden anderen Versuchsweisen (Col. 3 u. 4) Werthe von derselben Ordnung gewonnen werden, also auch bei den auxotonischen Zuckungen. In Versuch V ist der Unterschied in den Culmenzeiten zwischen auxotonischen und isotonischen Zuckungen (die letzteren mit frei hängendem Gewichte) etwas grösser als in den übrigen Fällen, da die Durchschnittszahlen bei den ersteren 0.006" grösser sind als bei den letzteren; vergleicht man aber die Durchschnittszahlen der ersteren mit der in Col. 2 desselben Versuches, wo die Lage des Culmenpunktes sicherlich exacter ist als in den Versuchen mit freihängendem Gewicht (Col. 1), so ist der Unterschied nur halb so gross, d. h. so gering, dass derselbe bei Bestimmung der Culmenzeit, die im allgemeinen 15—20 mal so lang als die genannte Differenz ist, ausser Rechnung bleiben kann. Uebrigens sind die Culmenzeiten in Col. 1 und 4 des Versuches V bei 100 und 150<sup>s</sup> Belastung nahezu gleich; der grösste Unterschied ist bei 10<sup>s</sup> Belastung, wovon unten mehr.

<sup>1</sup> Vergl. *Dieses Archiv.* Bd. I. S. 10. Beschreibung des Apparates.

Tabelle

Zeitlicher Verlauf von Muskelzuckungen bei directer,

	s	Belastung	1. Gewicht frei hängend					2. Faden des Gewichtes ringsum einer Rolle					
			Nr.	Zuckungshöhe	Arbeit	Latenzzeit	Culmenzeit	Summe	Nr.	Zuckungshöhe	Arbeit	Latenzzeit	Culmenzeit
Vers. IV.	10	1	2.0	20	0.006"	0.048"	0.054"	4	1.81	18.1	0.007"	0.051"	0.058"
Tmp. 19.7°	50	10	1.12	56.2	-7	-50	-57	9	1.08	54	-7	-51	-58
b. 19.5°C.	100	11	0.82	82.3	-8	-47	-55	14	0.75	75	-7	-48	-55
Feder E.	150	16	0.62	96.6	-7	-54	-61	19	0.59	87.8	-7	-56	-62
(Colum. 4).	200	21	0.51	101.1	-6	-56	-62	24	0.47	94.1	-7	-56	-62
	10	26	1.79	17.9	-7	-52	-59						
Durchschnittszahl:						0.052"	0.059"					0.052"	0.060"
Vers. V.	10	1	2.85	28.5	0.007"	0.058"	0.065"	4	2.56	25.6	0.007"	0.053"	0.060"
Temp. 19°	50	6	1.59	79.4	-6	-44	-50	9	1.50	75	-6	-43	-49
b. 19.6°C.	100	15	1.21	120.5	-7	-45	-52	14	1.12	112.3	-7	-47	-54
Feder B.	150	20	1.02	153.5	-7	-44	-51	19	0.95	142	-7	-41	-48
	200	25	0.88	176.4	-7	-54	-61	24	0.82	164.6	-7	-51	-58
	10	26	2.67	26.7	-6	-53	-59						
Durchschnittszahl:						0.050"	0.057"					0.047"	0.054"
Vers. VI.	10	5	2.63	26.3	0.006"	0.052"	0.058"	4	2.45	24.5	0.006"	0.048"	0.054"
Temp.	50	10	1.52	75.9	-6	-37	-43	9	1.43	71.4	-6	-36	-42
21-20.9°C.	100	15	1.15	115.3	-6	-42	-48	14	1.08	108.2	-6	-41	-47
Feder C.	150	16	0.99	148.2	-6	-44	-50	19	0.92	138.5	-6	-45	-51
	200	25	0.91	181.1	-6	-52	-58	24	0.85	169.3	-6	-52	-58
	10	26	2.68	26.8	-6	-52	-58						
Durchschnittszahl:						0.047"	0.052"					0.044"	0.051"

## I.

## variirender Belastung und maximaler Reizung.

3. Gewicht mittelst eines Metallstabes gehoben						4. Auxotonie						
Nr.	Zuckungshöhe	Arbeit	Latenzzeit	Culmenzeit	Summe	Nr.	Zuckungshöhe	Spannungszuwachs	Arbeit	Latenzzeit	Culmenzeit	Summe
3	1.78	17.8	0.006"	0.051"	0.057"	2	1.29	35.4	38.6	0.006"	0.051"	0.057"
8	1.02	51.2	-7	-52	-59	7	0.95	13.2	54	-7	-52	-59
13	0.72	72	-7	-52	-59	12	0.69	13.2	74	-7	-55	-62
18	0.55	82	-7	-58	-65	17	0.54	13.2	84	-7	-58	-60
23	0.41	82.3	-7	-60	-67	22	0.39	11.5	81.1	-7	-61	-68
				0.054"	0.062"						0.054"	0.062"
3	2.42	24.2	0.006"	0.052"	0.058"	2	1.11	154.6	113.8	0.007"	0.043"	0.050"
8	1.42	71.2	-6	-45	-51	7	0.91	107.3	102.5	-6	-41	-47
13	1.09	109.4	-7	-49	-56	11	1.20	57.7	113.5	-7	-45	-52
18	0.90	135	-7	-48	-55	17	0.80	45.5	139.9	-7	-45	-52
23	0.74	148.2	-7	-56	-63	22	0.70	37.6	154.5	-7	-48	-55
				0.050"	0.057"						0.044"	0.052"
3	2.22	22.2	0.006"	0.049"	0.055"	2	0.94	119.1	86.6	0.006"	0.088"	0.044"
8	1.33	66.4	-7	-37	-44	7	0.82	69.7	80.1	-6	-40	-46
13	1.05	104.7	-6	-47	-53	12	0.85	35.6	102.1	-6	-45	-51
18	0.87	130.5	-7	-49	-56	17	0.82	27	134.6	-7	-49	-56
23	0.76	152.9	-7	-56	-63	22	0.71	35.4	155.6	-3	-50	-56
				0.048"	0.054"						0.044"	0.051"

Die Zeit, welche der Muskel braucht um sich zum Maximum zu verkürzen, ist also in den mitgetheilten Versuchen nahezu gleich und zwar sowohl bei den verschiedenen Arten von isotonischen wie von auxotonischen Zuckungen.

Wenn wir hier von den Verschiedenheiten in dem zeitlichen Verlauf der Muskelzuckungen absehen, den ungleiche Belastung zu verursachen scheint und wovon unten eingehender gesprochen werden wird, und an der Hand der in Tabelle I mitgetheilten Versuche die ungefähre Durchschnittszahl der Zeit berechnen, welche vom Reizungsaugenblicke bis zum Culmenpunkte der Muskelzuckung verstreicht, so ergibt sich eine Zeit von ungefähr 0.055",<sup>1</sup> in den verschiedenen Versuchen variirend zwischen 0.051" bis 0.062". Innerhalb jeglichen Versuches variiren die Durchschnittszahlen für die verschiedenen Versuchsweisen weniger, in Versuch IV zwischen 0.059"—0.062", in Versuch V zwischen 0.052"—0.057" und in Versuch VI zwischen 0.051"—0.054". Von Interesse ist es zu sehen dass in Versuch VI, wo die Temperatur 1.5°—2° höher als in den anderen Versuchen gewesen ist und sich keine Ermüdung geltend gemacht hat (vergl. Col. 1, Nr. 5 und 26) fast sämtliche Zeitbestimmungen etwas niedrigere Werthe als in den anderen Versuchen ergeben haben. In Versuch IV, wo einige Ermüdung vorgekommen ist (vergl. Col. 1, Nr. 1 u. 26) sind die Zeitmasse für die Zuckungen während des letzten Theiles des Versuches deutlich, wenn auch nicht besonders viel grösser geworden als die übrigen. In diesen Umständen, in verschiedener Temperatur und in verschiedenem Grade von Ermüdung liegt die hauptsächliche Quelle der Unterschiede, welche bei den verschiedenen Versuchen zwischen dem zeitlichen Verlauf der Contractionen vorkommen.

Da, wie Place, Tigerstedt u. a. gezeigt haben, bei gleicher Temperatur, Ermüdungsgrad und Reizstärke die Länge der Latenzzeit innerhalb weiter Grenzen von der Grösse der Belastung (und Spannung) unabhängig ist, kann man dadurch, dass man von der Zeit zwischen dem Reizungsaugenblicke und dem Culmen einen, genannter Latenzzeit entsprechenden, constanten Werth subtrahirt, ein Mass für die Culmenzeit erhalten, Die Zeit vom Reizungsaugenblicke bis zu erreichtem Culmen betrug nach meinen Bestimmungen durchschnittlich ungefähr 0.055". Zieht

---

<sup>1</sup> Die Durchschnittszahl der betreffenden Bestimmungen ist eigentlich nahe 0.056". Mit Rücksicht darauf, dass die Mehrzahl der Bestimmungen dem Minimum näher stehen als dem Maximum, habe ich die Zahl 0.055" als die am meisten zutreffende gewählt.

man davon den von den genannten Forschern gefundenen Durchschnittswert der Latenzzeit  $0.005''$  ab, so bleibt für die Culmenzeit eine Länge von ungefähr  $0.050''$ . Bei meinen directen Messungen der Culmenzeit fand ich dieselbe (siehe Tab. I) im Durchschnitt ungefähr ebenso lang ( $0.049''$ ). Die Durchschnittszahlen für die verschiedenen Versuche variirten zwischen  $0.044''$ — $0.054''$  (in Versuch IV zwischen  $0.052''$ — $0.054''$ , in Versuch V zwischen  $0.044''$ — $0.050''$  und in Versuch VI zwischen  $0.044''$ — $0.048''$ ).

Betrachten wir ferner das Verhalten zwischen dem zeitlichen Verlauf der Zuckungen einerseits und deren Höhen sowie die bei diesen ausgeführte Arbeit andererseits, so finden wir, dass, wenn bei steigender Belastung die Zuckungshöhe zu  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  ihrer Grösse bei der geringsten Belastung herabsinkt und die Arbeit gleichzeitig auf das 4—6fache steigt, die Latenzzeit — in Uebereinstimmung mit dem, was zahlreiche vorherige Forscher (Place, Tigerstedt u. a.) gefunden — unverändert bleibt, während die Culmenzeit im allgemeinen deutlich, obgleich nicht in wesentlichem Grade zunimmt. Wenn wir fortwährend von der langen Culmenzeit bei der geringsten Belastung in Versuch V und VI bei isotonischer Anordnung (Col. 1, 2 und 3) absehen, so zeigen mehrere Versuchsserien eine gleichmässig fortschreitende, wenn auch nicht ganz eben verlaufende Steigerung der Culmenzeit bei zunehmender Belastung (siehe Versuch IV, Col. 3 u. 4; Versuch V, Col. 4; Versuch VI ganz), während andere eine deutliche Zunahme erst bei grösserer Belastung ( $150$ — $200^g$ , Vers. IV, Col. 1 und 2, Versuch V, Col. 1, 2 und 4) zeigen. Die Zunahme in der Culmenzeit beträgt ungefähr  $0.01''$ — $0.02''$  (näher bezeichnet von  $0.008''$ — $0.021''$ ), eine an und für sich ja recht kurze Zeitspanne, die aber doch ungefähr  $20$ — $50\%$  der resp. minimalen Culmenzeit und circa  $20$ — $37\%$  von deren Durchschnittswert ausmacht.

In Versuchen mit auxotonischer Anordnung (Col. 4 auf Tabelle I) besonders in denen mit starken Federn (Vers. V und VI) variiren sowohl Zuckungshöhen als Arbeitseffekte weniger als in Versuchen mit isotonischer Anordnung, anstatt dessen aber wechselt dabei die Spannung während der Zuckung um so mehr, wobei die Culmenzeiten auf eben angegebene Weise influirt werden. Hierbei ist zu bemerken, dass, wenn die Spannungszunahme während der Contraction sehr gross ist (vergl. Tab. I, Col. 4, Vers. V und VI, Nr. 2 und 7) die Culmenzeit verhältnissmässig kurz wird. Der grosse, immerfort wachsende, elastische Widerstand hat zur Folge, dass, wenn die Kraftentwicklung des Muskels an Intensität abzunehmen beginnt, auch dessen

Verkürzung recht bald aufhört und einer durch Zusammenziehung der Feder anfangs beschleunigten Verlängerung Platz macht.<sup>1</sup>

Indessen vermag der Muskel in dieser kürzeren Culmenzeit eine höchst bedeutende Spannung zu entwickeln (so z. B. in Vers. V, Col. 4 Nr. 2 154·6<sup>s</sup>) und eine mehrfach grössere mechanische Arbeit auszuführen als die bei isotonischer Anordnung und derselben Initialtension vollbrachte. Die Kraftentwicklung geht hierbei ganz bedeutend schneller vor sich als bei isotonischer Anordnung, der Muskel ist im Stande in kürzerer Zeit mehr zu leisten.

Bei Versuchen mit isotonischer Anordnung ist die Culmenzeit mit der geringsten Belastung (10<sup>s</sup>) im allgemeinen ziemlich lang, besonders wenn der Muskel ein frei hängendes Gewicht gehoben hat (vergl. Tab. I, Col. 1, Versuch V, Nr. 1 u. Versuch VI, Nr. 5; Versuch IV zeigt dies nicht). Es läge nahe, ein „Wurf“ als Ursache hierzu anzunehmen, das Phänomen ist aber auch bei Versuchen zu beobachten, wo der Faden des Gewichtes um die Rolle gelaufen (Col. 2) und ein „Wurf“ also erschwert, wo nicht unmöglich gemacht worden ist. In diesem Falle wiederum könnte man sich denken, dass, wenn der Faden eine bloss unbedeutende Spannung hat, die Friction in der Rollenachse sich relativ mehr geltend machen und die Bewegung in der Gegend des Culmenpunktes und die Wendung selbst verlangsamen sollte, da die Kraft, womit das Gewicht abwärts zu ziehen strebt, gleichzeitig gering ist. Wenn dies indessen in einem nennenswerthen Grade der Fall gewesen wäre, so hätten die Curven bei den „Rollenversuchen“ ein Plateau oder eine andere Unregelmässigkeit zeigen müssen; das war aber nicht der Fall. Mir erscheint es deshalb als wahrscheinlich, dass die relativ lange Culmenzeit bei isotonischer Zuckung mit geringer Belastung wesentlich davon abhängig gewesen sei, dass in solchem Falle die von dem geringen Widerstande hervorgerufene, relativ unbedeutende Kraftentwicklung langsam verläuft, gegen den Culmenpunkt zu langsam abnimmt und dabei das kleine Gewicht eine längere Zeit zu heben und oben zu erhalten vermag. Das Phänomen ist übrigens auch von früheren Forschern (Yeo & Cash, s. oben S. 104) beobachtet worden und ist in mehreren von meinen Versuchen, (s. unten) zu Tage getreten.

Zur Beleuchtung eben erwähnter Thatsachen folgen ferner noch einige Auszüge aus den Versuchsprotokollen, mit Angabe der Culmenzeiten bei constanter maximaler Reizung und variirenden Belastungen, wobei der Muskel theils die betreffenden Gewichte mittelst des Metallstabes gehoben, theils gegen gespannte Federn gezuckt hat.

<sup>1</sup> Dass der absteigende Theil der auxotonischen Curve gegen die Abscisse steiler abfällt als der der isotonischen, ist von Kronecker und Stanley-Hall nachgewiesen worden. (*Arch. f. Anat. u. Phys.* Phys. Abth. 1879. S. 10—47.)

Tabelle II.

Vergleich zwischen den Culmenzeiten bei isotonischen und auxotonischen Zuckungen. (Die Versuche 1886 ausgeführt.)

	Belastung g	Isotonie. Gewicht mittelst eines Metallstabes gehoben			Auxotonie		
		Zuck- höhe	Arbeit	Culmen- zeit	Zuck- höhe	Arbeit	Culmen- zeit
<b>Versuch 2.</b>	10	2.01	20.1	0.052"	1.09	25.3	0.039"
Schwache Fed.	25	1.61	40.25	— 47	1.27	44	— 39
Temp. 19-20°C.	50	1.28	64	— 45	1.22	72.4	— 47
Keine Ermü- dung.	100	1.03	103	— 52	1.00	110.9	— 51
<b>Versuch 12.</b>	10	1.74	17.4	0.051"	0.95	18.23	0.041"
Feder B.	50	1.27	63.5	— 41	0.64	63.64	— 41
Temp. 19-20°C.	100	1.05	105	— 46	0.77	101.35	— 42
Keine Ermü- dung.	150	0.87	130.5	— 47	0.77	134.1	— 44
	200	0.70	140	— 51	0.68	149.1	— 45
	300	0.45	135	— 52	0.46	145.2	— 49
<b>Versuch 14.</b>	10	2.43	24.3	0.063"	0.84	43.9	0.047"
Feder D.	50	1.49	74.5	— 50	1.11	74.4	— 56
Temp. 19-20°C.	100	1.15	115.0	— 55	1.16	132.0	— 52
Der Muskel bei den höchsten Belastungen	150	0.97	145.5	— 58	0.99	163.5	— 58
	200	0.81	162.0	— 57	0.93	202.1	— 62
etwas ermüdet.	300	0.62	186.0	— 69	0.87	212	— 64

Diese Versuche zeigen Verhältnisse, welche mit denen, wie sie aus Tabelle I hervorgehen, fast übereinstimmen. So finden wir bei zunehmender Belastung eine Steigerung der Culmenzeit um ungefähr 16—40% ihres Minimums, ferner relativ hohe Werthe der Culmenzeit bei Isotonie und der geringsten Belastung, ziemlich niedrige bei Auxotonie und geringer Initialtension (besonders in Versuch 12 u. 14, einer grösseren und schnelleren Spannungszunahme entsprechend), also ziemlich übereinstimmend mit den zuerst angeführten drei Versuchen (Tabelle I). Die Culmenzeiten betragen im Durchschnitt bei Isotonie bezw. 0.050", 0.048" u. 0.059", bei Auxotonie 0.044", 0.044" u. 0.056".

In einigen Versuchen habe ich Zuckungen gegen verschieden starke Federn verglichen und dabei die Culmenzeiten bestimmt, woraus deren Verhalten bei verschieden grosser Spannungszunahme während der Zuckung ersichtlich ist. (Siehe Tab. III.)



Tabelle III.

Einfluss auf die Culmenzeiten von einem verschieden schnellen (und ungleich grossen) Spannungszuwachse während der Zuckungen.

Versuch 30. Temperatur 17°—19° C. Ermüdung scheint nicht vorhanden zu sein.

Belastung g	Feder E				Feder C			
	Zuck.- höhe	Span- nungs- zuwachs	Arbeit	Culmen- zeit	Zuck.- höhe	Span- nungs- zuwachs	Arbeit	Culmen- zeit
50	2.17	33	142.6	0.057"	1.38	91	153	0.056"
100	1.94	42	281.1	— 54	1.63	68	218.5	— 55
150	1.61	46	274	— 55	1.59	56	280.2	— 56
200	1.43	40	313.2	— 58	1.30	62	303.1	— 60
300					0.63	26	169	— 54

Versuch 33. Temperatur 18°—19° C. Der Muskel bei den grössten Belastungen etwas ermüdet.

Belastung g	Feder E				Feder D				Feder B			
	Zuckungs- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Ar- beit	Cul- men- zeit	Zuckungs- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Ar- beit	Cul- men- zeit	Zuckungs- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Ar- beit	Cul- men- zeit
10	0.79	24.3	18.4	0.043"	0.37	44.5	14	0.088"	0.41	83.4	23.6	0.040"
50	1.16	16.5	67.2	— 51	0.97	27.8	63.4	— 52	0.65	87	65.6	— 51
100	1.05	20.7	115.6	— 49	1.00	24.1	111.6	— 49	0.72	58.3	94	— 55
150	0.84	18.9	134.9	— 59	0.83	25.5	134.5	— 61	0.72	42.7	124.4	— 58
200	0.70	17.8	148.1	— 64	0.69	25.2	146.7	— 64	0.69	37	151.5	— 66
300					0.50	24.5	156.1	— 66	0.51	34	161.8	— 71

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Culmenzeit wenig davon beeinflusst wird, ob die Spannungszunahme während der Contraction gross oder gering ist. So sehen wir in Vers. 33 bei 10<sup>s</sup> Initialtension die Culmenzeit ganz unbedeutend kürzer beim-Gebrauch der Feder B als bei dem der Feder E, da mit der ersteren während der Zuckung eine ungefähr 3.5 mal grössere Spannungszunahme erzielt wurde als mit der letzteren. Ein ähnliches Beispiel liefert ein anderer, hier nicht angeführter Versuch, da bei 10<sup>s</sup> Initialspannung mit der Feder E eine Spannungszunahme von 37<sup>s</sup> und eine

Culmenzeit von 0.054" erhalten wurde, während die Feder *B* bei derselben Anfangstension eine Spannungszunahme von 124<sup>g</sup> und eine Culmenzeit von 0.055" ergab. In Versuch 30 Tabelle III wird die Culmenzeit bei Vermehrung der Initialtension wenig vermehrt; mit 300<sup>g</sup> Belastung und starker Feder (*C*) zeigt genannter Zeitmoment sogar eine deutliche Verminderung (von 0.060" bis 0.054"), die ausgeführte Arbeit aber hat gleichzeitig bedeutend abgenommen (von 303—169<sup>mm</sup>). Versuch 33 zeigt wieder ziemlich bedeutende Steigerung der Culmenzeit, wahrscheinlich zum Theil von Ermüdung hervorgerufen.

Wenn auch in den meisten Fällen die Culmenzeit in gewissem Grade mit zunehmender Belastung steigt, so muss doch hervorgehoben werden, dass diese Zunahme in keinem Verhältniss zu der Vermehrung der mechanischen Arbeit und zur Verminderung der Zuckungshöhe steht, welche die zunehmende Belastung mit sich führt, dass mit einem Worte der zeitliche Verlauf der Muskelzuckungen bei verschiedenen Belastungen verhältnissmässig unbedeutend wechselt.

#### D. Der zeitliche Verlauf der Muskelzuckungen bei untermaximaler Reizung.

Auch bei Versuchen mit untermaximaler, variirender Reizung habe ich, wenn es möglich war, d. h. wenn die Zuckungen keine allzu ausgedehnte Form mit unbestimmbaren Culmenpunkten hatten, in derselben Weise wie in den bereits vorher erwähnten Versuchen Bestimmungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckungen gemacht. Hierbei ist zu bemerken, dass, wenn die Zuckungen bei schwacher Reizung niedrig werden, dieselben sich auch mehr allmählich von der Abscisse erheben, weshalb die Bestimmungen hinsichtlich des Endes der Latenzzeit und des Anfanges der Culmenzeit hier unsicherer und schwerer werden. Die Resultate zeigen indessen eine recht grosse Regelmässigkeit, wie aus folgenden Beispielen (S. 114 u. 115) zu ersehen ist.

In sämmtlichen Versuchen, wo die Latenzzeit angegeben ist, sehen wir, dass diese bei abnehmender Reizstärke zunimmt — in meinen Versuchen im allgemeinen von 11—12<sup>cm</sup> Rollenabstand an — anfänglich mehr allmählich, bei den schwächsten Reizungen dagegen schneller (Tigerstedt<sup>1</sup>), so dass sie endlich die doppelten (zuweilen 3—4fachen) Werthe von der bei maximaler Reizung erreicht.

<sup>1</sup> Tigerstedt, *Archiv für Anatomie und Physiologie*. Physiolog. Abth. Suppl.-Bd. 1885. S. 162—176.

Tabelle IV.

Der zeitliche Verlauf von Muskelzuckungen bei untermaximaler, variirender Reizung und constanter Anfangsspannung.

Versuch Belastung Feder Temperatur	Rollenabst. cm	1. Isotonie					2. Auxotonie					
		Zuckung- höhe	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe	Zuckung- höhe	Spann- zuwachs	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe
43	0	2.46	24.6	0.008"	0.052"	0.060"	1.10	153.7	112.8	0.007"	0.042"	0.049"
Gewicht=10 <sup>g</sup>	8	2.47	24.7	— 7	— 52	— 59	1.12	155.5	115.7	— 8	— 42	— 50
Feder B.	10	2.39	23.9	— 7	— 55	— 62	1.04	148.5	102.5	— 7	— 45	— 52
18.5°-18.7°C.	11	2.19	21.9	— 9	— 58	— 62	0.91	137.5	84.4	— 9	— 45	— 54
Gewicht	12	1.66	16.6	— 10	— 55	— 65	0.68	113.5	52.7	— 10	— 49	— 59
freihängend.	13	1.00	10.0	— 11	— 55	— 66	0.35	75.2	18.1	— 12	— 48	— 60
	13.25	0.65	6.5	— 14	— 54	— 66	0.21	48.5	7.5	— 14	— 47	— 61
	13.5	0.38	3.8	— 16	— 57	— 73	0.08	21.8	1.7	— 17	—	—
	14	0.05	0.5	— 24	—	—	0.01	3.2	0.1	— 27	—	—
	14.25	0.012	0.12	— 38	—	—	0	—	—	—	—	—
46	0	1.45	217.4	0.006"	0.067"	0.073"	1.16	61.3	213.7	0.007"	0.066"	0.073"
Gew.=150 <sup>g</sup> .	10	1.38	206.8	— 7	— 68	— 75	1.11	58.4	201.4	— 8	— 68	— 76
Feder B.	11	1.21	180.8	— 7	— 72	— 79	0.94	50.0	166.5	— 9	— 71	— 80
16.6°—17° C.	12	0.85	127.9	— 8	— 77	— 85	0.62	38.8	104.6	— 9	— 74	— 83
Gewicht	12.5	0.57	85.6	— 10	— 75	— 85	0.39	25.5	63.6	— 10	— 75	— 85
freihängend.	13	0.24	36.6	— 11	— 69	— 80	0.18	11.0	27.4	— 12	— 69	— 81
	13.5	0.08	12.4	— 16	—	—	0.06	3.5	8.5	— 15	—	—
11	0	0.77	192.2	0.010"	0.052"	0.062"	0.72	41	195.2	0.009"	0.046"	0.055"
Gew. = 250 <sup>g</sup> ,	10	0.71	176.2	— 12	— 51	— 63	0.73	42.4	198.7	— 9	— 49	— 58
bei Isotonie	11	0.75	187.3	— 9	— 52	— 61	0.70	40.4	189	— 10	— 49	— 59
mit einem	12	0.51	127.7	— 14	— 51	— 65	0.51	29.7	133.8	— 12	— 47	— 59
Stabe gehob.	12.5	0.31	75.3	— 12	— 46	— 58	0.27	15.8	68.7	— 15	— 37	— 52
Feder B.	13	0.11	27.8	— 17	—	—	0.17	9.3	42.4	— 18	—	—
25.1°-24.5°C.	14	0.02	4.2	— 27	—	—	0.03	1.3	6.3	— 35	—	—
45	10	2.66	26.6	0.007"	0.050"	0.057"	1.15	125.6	114.7	0.007"	0.041"	0.048"
Gew.=10 <sup>g</sup> .	11	2.59	25.9	— 7	— 54	— 61	1.10	124	107.5	— 7	— 42	— 49
Feder C.	11.5	2.33	23.3	— 8	— 50	— 58	1.01	121	95.0	— 8	— 44	— 52
19.8°-20.2°C.	12	2.02	20.2	— 7	— 52	— 59	0.79	111.6	67.6	— 8	— 45	— 53
Gewicht	12.5	1.64	16.4	— 8	— 50	— 58	0.62	102.3	47.6	— 9	— 45	— 54
freihängend.	13	1.26	12.6	— 10	— 48	— 58	0.45	93	29.3	— 9	— 44	— 53
	13.5	0.87	8.7	— 12	— 50	— 62	0.27	70.8	12.6	— 10	— 41	— 51
	13.75	0.61	6.1	— 12	— 52	— 64	0.20	51.5	7.4	— 12	— 39	— 51
	14	0.28	2.8	— 13	— 51	— 64	0.09	28.5	2.2	— 13	— 36	— 49
	14.5	0.04	0.4	— 18	—	—	0.012	3.5	0.14	— 18	—	—

Versuch Belastung Feder Temperatur	Rollenabst. in cm	1. Isotonie					2. Auxotonie					
		Zuckung- höhe	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe	Zuckung- höhe	Spann- zuwachs	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe
5	11	1.93	48.2	—	0.052"	—	1.49	34.5	63.6	—	0.044"	—
Gew. = 25*	12	1.75	43.7	—	—54	—	1.33	31	54.8	—	—48	—
bei Isotonie	12.5	1.47	36.6	—	—54	—	1.10	25.6	42.3	—	—45	—
mit einem	13	1.14	28.4	—	—53	—	0.85	20.3	30.5	—	—45	—
Stabe gehob.	13.25	0.96	24.0	—	—54	—	0.73	17.7	25.3	—	—47	—
Feder E.	13.5	0.79	19.7	—	—54	—	0.61	15.0	20.1	—	—47	—
23.8°-23.5°C.	13.75	0.56	18.9	—	—52	—	0.38	10.0	11.5	—	—48	—
	14	0.31	7.8	—	—51	—	0.26	7.3	7.6	—	—41	—
42	0	1.40	209.9	0.007"	0.052"	0.059"	1.16	27.5	189.8	0.009"	0.061"	0.070"
Gew. = 150*	11	1.29	194.0	—7	—54	—61	1.11	26.2	181	—9	—58	—67
Feder E.	12	0.96	144.7	—9	—60	—69	0.69	16	109	—10	—66	—76
18.6°-18.8°C.	12.5	0.66	99.7	—9	—61	—70	0.53	13.1	83.2	—10	—62	—72
Gewicht	13	0.39	59.1	—11	—50	—61	0.22	6.3	34.2	—12	—59	—71
freihängend.	13.5	0.13	19.4	—12	—	—	0.06	1.6	8.9	—16	—	—
	13.75	0.02	3.1	—15	—	—	0.02	0.5	2.7	—17	—	—

Was die Culmenzeit betrifft, so zeigt dieselbe bei Verminderung der Reizstärke im allgemeinen nur unbedeutende Schwankungen (Nawalichin, Brücke). In einigen Versuchen, z. B. 43 mit Auxotonie (Col. 2), 46 u. 42, besonders Col. 1, zeigt genannte Zeit die Tendenz bei einer Reizstärke, welche ungefähr einem Rollenabstand von 12—12.5<sup>cm</sup> entspricht, zu wachsen; die Vermehrung erreicht jedoch nicht 0.01" oder 20% der Durchschnittslänge der Culmenzeit. Bei noch schwächerer Reizung aber nimmt die Culmenzeit wieder etwas ab, wird zuweilen sogar kürzer als bei maximaler Reizung (vergl. z. B. Tab. IV, Versuch 11 bei 12.5<sup>cm</sup> Rollenabstand, Versuch 45, auxotonische Zuckung bei 14<sup>cm</sup>, Versuch 42, isotonische Zuckung bei 13<sup>cm</sup>). — Wenn demnach bei schwacher Reizung die Latenzzeit verlängert wird, so nimmt anstatt dessen die niedrige Zuckung mit ihrer verminderten Kraftentwicklung und der verminderten mechanischen Arbeit eine etwas kürzere Zeit in Anspruch, und die Folge wird die, dass die Zeit vom Reizmomente bis zu dem Zeitpunkt, da die Zuckung ihr Maximum erreicht, also die Summe der Latenz- und Culmenzeit, geringere Verschiedenheiten zeigt, als wenn die Culmenzeit unverändert bliebe und die Abweichungen in der Latenzzeit allein auf die genannte Summe einwirkten. Die Verminderung der Culmenzeit tritt jedoch in den Versuchen, wo sie nachweisbar ist, erst bei einer

schwächeren Reizung als derjenigen ein, wo die Latenzzeit zuzunehmen beginnt. Wie soeben erwähnt, sieht man die Culmenzeit im Gegentheil in mehreren Fällen bei 12 — 12.5<sup>cm</sup> Rollenabstand etwas zunehmen, weshalb gerade bei dieser Reizstärke die Zeit, welche die Contraction in Anspruch nimmt (vom Reizmomente an gerechnet) deutlich, wenn auch in den meisten Fällen nicht viel, länger ist als bei maximaler Reizung. In mehreren Versuchen, wie 43, 46, 45 mit Auxotonie (Col. 2) und 42 mit Isotonie (Col. 1) zeigt die Summe der Latenz- und Culmenzeit ein ziemlich gleichmässiges Anwachsen bei abnehmender Reizstärke und erreicht ihr Maximum bei etwas variirendem Rollenabstand (12—13.5<sup>cm</sup>). Die Zunahme in der Zeitdauer der genannten Periode beträgt in Vers. 43 23 — 24.5 % von der betreffenden Minima (bei maximaler Reizung), in Vers. 46 16.4%, in Vers. 45 ungefähr 12%, im Vers. 42 mit Isotonie 18.6%. In ein Paar Versuchen ist die Summe der Latenz- und Culmenzeit recht constant mit Ausnahme einer mehr plötzlichen Steigerung, in Vers. 48 mit Isotonie bei 13.5—13.75<sup>cm</sup>, in Vers. 42 mit Auxotonie bei 12<sup>cm</sup>. In einem Versuche endlich, Nr. 11, kann genannte Summe als fast constant betrachtet werden, da die Zunahme nicht mehr als 5 — 7 % des Minimums beträgt, d. h. 0.003"—0.004". Im Grossen gesehen dürfte man also sagen können, dass die Zeit, vom Reizmomente an gerechnet, welche der Muskel zu seiner Verkürzung nach einem einzigen Oeffnungs-Inductionsschlage braucht, bei Verminderung der Reizstärke etwas — obgleich im allgemeinen nur in geringem Grade grösser wird, u. zw. in meinen Versuchen bis zu einer Stärke, welche einem Rollenabstande von 12 bis 13.5<sup>cm</sup> entspricht. Bei den schwächsten Reizungen aber nimmt die Zeit wieder ab. Die genannte Zeitperiode variirt jedoch bei wechselnder Reizstärke weniger als bei verschiedener Belastung (s. ob., Abth. C), und gilt es hier also in noch höherem Grade, dass der Wechsel in der Länge der Contractionszeit in keinem Verhältniss zu der Variation in der Zuckungshöhe und in ausgeführter Arbeit steht, die in diesem Falle durch die Verminderung der Reizstärke verursacht wird. Aus den mitgetheilten Versuchen sehen wir, dass die Zuckungshöhe bis  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$  abnehmen kann, die Arbeit kann bis auf  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$  vermindert werden, ja (in Vers. 45 mit auxotonischer Anordnung) bis auf weniger als  $\frac{1}{50}$  — der zeitliche Verlauf ändert sich dabei nur in geringem Grade.

In einigen Versuchen habe ich bei constanter, untermaximaler Reizstärke die Belastung verändert, um unter anderem zu sehen, ob der Muskel bei schwacher Reizung und wechselnder Belastung mit einer Aenderung des zeitlichen Verlaufs der Contraction reagirte. Ein Paar Exempel werden das Resultat hervortreten lassen.

Tabelle V.

Der zeitliche Verlauf von Muskelzuckungen bei untermaximaler, constanter Reizstärke und variirender Belastung.

Versuch Feder Temperatur	Rollenab- et. Belastung	Isotonie						Auxotonie					
		Zuckg.- höhe	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe		Zuckg.- höhe	Spann- zuwachs	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe
48	12	10	1.79	17.9	0.009"	0.056"	0.065"	1.19	33.2	33.9	0.007"	0.061"	0.068"
Feder E.	12	100	0.89	89.4	-10	-71	-81	0.69	13.3	73.9	-9	-70	-79
13.2°-18.8°C.	12	200	0.58	105.8	-10	-75	-85	0.33	10.3	67.0	-10	-76	-86
Am Ende des Vers. keine nennenswrth. Ermüdung.	13	10	1.26	12.6	-9	-58	-67	0.86	26	21.0	-9	-61	-70
Beilisonie d. Gewicht freihängnd.	13	100	0.44	43.5	-11	-68	-79	0.36	6.7	36.8	-11	-65	-76
(Die nächstletzte Bestimmung des Versuches.)													
23	12	25	1.62	40.4	0.009"	0.054"	0.063"	1.27	29.4	50.6	0.009"	0.052"	0.061"
Feder E.	12	100	1.08	108.2	-10	-53	-63	1.06	20.6	116.3	-9	-58	-67
23.4°-22.2°C.	12	200	0.76	152.1	-11	-63	-74	0.79	19	166.1	-12	-63	-75
Beilisonie d. Gewicht mit einem Stabe ge- hoben.	13	25	1.31	32.8	-11	-53	-64	1.07	25	40.2	-10	-54	-64
	13	100	0.69	69.4	-11	-61	-72	0.70	13.5	75.0	-12	-60	-72
	13	200	0.23	45.0	-16	-51	-67	0.33	10.3	67.2	-14	-52	-66
49	12	10	1.70	17.0	0.008"	0.061"	0.069"	1.15	32.3	32.1	0.009"	0.065"	0.074"
Verschiedene Federn.	12	100	0.69	69.0	-9	-73	-82	0.53	10.0	55.6	-9	-70	-79
18.8°-18.5°C.	12	200	0.32	64.0	-9	-72	-81	0.22	7.2	45.5	-8	-68	-76
Keine Ermüd.	12	10						0.79	124.5	66.7	0.009"	0.064"	0.073"
Beilisonie d. Gewicht freihängnd.	12	100						0.38	33	44.6	-9	-67	-76
	12	200						0.22	13	45.5	-8	-68	-76

Aus diesen Versuchen ersieht man, dass bei constanter untermaximaler Reizstärke und Vermehrung der Belastung die Latenzzeit in den meisten Fällen etwas zunimmt. Die Culmenzeit zeigt unter denselben Verhältnissen meistens eine deutlichere Zunahme.

### E. Ueber den zeitlichen Verlauf von Ueberlastungszuckungen.

Von besonderem Interesse für das Studium des zeitlichen Verlaufes von Muskelzuckungen sind die Zeitmessungen bei Ueberlastungsversuchen, weil sie, wie wir sehen werden, einen Einblick in die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung unter verschiedenen Verhältnissen gestatten. Hinsichtlich der Latenzzeit ist es klar, dass sich dieselbe bei Ueberlastungsversuchen nicht bestimmen lässt. Anstatt dessen erhält man ein Zeitmaass, welches die Summe der Latenzzeit und der Zeit der latenten Spannungszunahme ist, und das ich Ueberlastungsperiode (*Ue. p.*) nennen will. Bei den Ueberlastungsversuchen ist im allgemeinen auch die Zeit bestimmt, welche von dem Augenblicke an, da die Curve von der Abscisse aus zu steigen begonnen, bis zu dem, da sie die genannte Linie wieder erreicht, verstrichen ist, eine Zeit, welche ich Basalzeit genannt habe, da dieselbe der Basis der Muskelcurve auf der Abscisse entspricht. Ich theile erst einige Auszüge aus den Versuchsprotokollen mit.

Tabelle VI.

Der zeitliche Verlauf von Ueberlastungszuckungen.

#### Isotonie.

Versuch Tempe- ratur	Ueberlastung. Anfangsspannung = 25 °.								Directe Belastung (des Ver- gleiches wegen mitgenommen).					
	Totalbelast.	Latent. Span- nungszuwachs	Zuckungs- höhe	Arbeit	Ue. p.	Culmen- zeit	Summe	Basalzeit	Totalbelast.	Zuckungs- höhe	Arbeit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe
28.	25	0	2.45	61.3	0.009''	0.056''	0.065''	0.115''	25	2.40	59.9	0.007''	0.055''	0.062''
22.5° bis	50	25	2.0	100	-10	-53	-63	-90	50	2.16	108	-7	-58	-65
22.9°C.	100	75	1.16	116	-17	-44	-61	-66	100	1.82	182	-7	-60	-67
Bei Iso-	150	125	1.07	159.8	-19	-44	-63	-65	—	—	—	—	—	—
tonie d.	200	175	0.78	155.4	-23	-41	-64	-61	200	1.37	274.2	-7	-70	-77
Gewicht														
mit ein.														
Stabe														
gehoben.														

## Auxotonie. Feder E.

Versuch Temperatur	Total- be- lastg.	Ueberlastung. Anfangsspannung = 25 %						Directe Belastung.								
		Spannungs- zuwachs vor der Zuckung	Zuck- höhe	Ar- beit	U. p.	Culmen- zeit	Summe	Basal- zeit	Be- las- tung	Zuck- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Ar- beit	Latenz- zeit	Culmen- zeit	Summe	
28 (Fort.)	25	0	48	2.03	94.4	0.007"	0.057"	0.064"	0.092"	25	2.11	44	99.1	0.007"	0.058"	0.065"
	50	25	26.9	1.80	114.4	— 12	— 58	— 65	— 79	50	2.08	30.4	132.1	— 7	— 57	— 64
	100	75	27.6	1.43	162.3	— 15	— 48	— 63	— 71	100	1.74	36.2	205.8	— 7	— 61	— 68
	150	125	25.5	1.09	177.0	— 17	— 44	— 61	— 63	—	—	—	—	—	—	—
	200	175	19.9	0.84	177.0	— 20	— 41	— 61	— 57	200	1.89	38.9	303.0	— 6	— 63	— 69

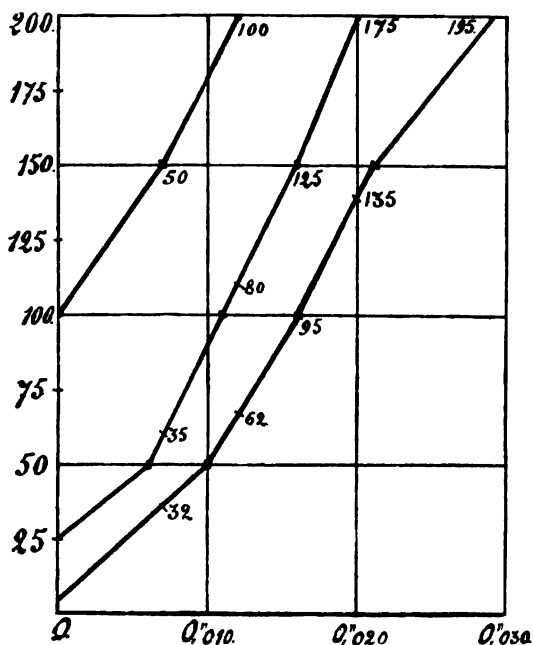
## Ueberlastung.

Versuch Temperatur	Ant.-Spanng.	Totalbelastg.	Latent Span- nungszuw.	Isotonie. Gewicht mit einem Stabe gehoben						Auxotonie					
				Zuck- höhe	Arbeit	U. p.	Culmen- zeit	Summe	Basal- zeit	Zuck- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Arbeit	U. p.	Culmen- zeit	Basal- zeit
30 Feder E. 23.8° — 23° C.	5	5	0	2.48	12.4	0.009"	0.059"	0.068"	—	1.25	36.6	29.1	0.007"	0.037"	0.068"
	5	50	45	1.0	50	— 16	— 37	— 53	0.061"	0.87	11.8	48.4	— 15	— 28	— 55
	5	100	95	0.56	56	— 21	— 31	— 52	— 47	0.56	10.4	58.4	— 20	— 22	— 41
	5	150	145	0.26	39.1	— 28	— 23	— 51	— 32	0.33	9.3	50.2	— 23	— 19	— 32
	5	200	195	0.05	9.4	— 34	— 12	— 46	— 17	0.15	5.9	31.0	— 32	— 17	— 23



Versuch Temperatur	Isotonie. Gewicht mit einem Stabe gehoben										Auxotonie					
	Ant.-Spanng.	Totalbelastg.	Latent Span- nungszuw.	Zuck- höhe	Arbeit	Ue. p.	Culmen- zeit	Summe	Basal- zeit	Zuck- höhe	Span- nungs- zu- wachs	Arbeit	Ue. p.	Culmen- zeit	Summe	Basal- zeit
80 (Forts.)	25	25	0	2.0	49.9	0.007"	0.052"	0.059"	0.098"	1.44	33.3	59.9	0.007"	0.039"	0.046"	0.079"
	25	50	25	1.35	67.6	-12	-43	-55	-76	1.19	17	69.5	-12	-36	-48	-66
	25	100	75	0.84	84.4	-17	-38	-55	-58	0.83	16	89.3	-15	-37	-52	-58
	25	150	125	0.55	82	-22	-34	-56	-50	0.55	13.6	86.2	-19	-33	-52	-47
	25	200	175	0.34	68.3	-26	-29	-55	-39	0.38	11.1	77.6	-23	-19	-42	-35
	100	100	0	1.35	135.4	-9	-53	-62	—	1.30	25.2	146.5	-8	-49	-57	-75
31 Feder C. 24.5°—24.8° C.	100	150	50	1.01	151.5	-13	-50	-63	-72	1.02	23.6	164.8	-12	-48	-60	-68
	100	200	100	0.71	142.1	-17	-45	-62	-64	0.74	18	153.7	-17	-42	-59	-61
	5	5	0	3.36	16.8	0.009"	0.084"	0.093"	0.167"	0.53	101.5	36.4	0.008"	0.041"	0.049"	0.054"
	5	50	45	0.86	43.2	-18	-33	-51	-56	0.41	49.4	34.2	-16	-28	-44	-41
	5	100	95	0.49	49.4	-21	-28	-49	-42	0.42	21.4	47.2	-19	-20	-39	-34
	5	150	145	0.17	25	-27	-17	-44	-29	0.24	7.1	36.2	-25	-17	-42	-28
	25	25	0	1.77	44.3	-9	-46	-55	-90	0.78	98.6	71.8	-8	-47	-55	-69
	25	50	25	1.20	59.8	-12	-40	-52	-69	0.80	68.7	77.3	-13	-42	-55	-61
	25	100	75	0.87	87.1	-18	-39	-57	-62	0.74	32.6	87.2	-17	-37	-54	-54
	25	150	125	0.56	83.3	-23	-34	-57	-54	0.53	17	84.3	-22	-33	-55	-48
	25	200	175	0.27	53.3	-29	-29	-58	-45	0.32	19.1	67.4	-26	-28	-54	-50
	100	100	0	1.14	114	-7	-51	-58	-87	0.93	37.9	113.8	-6	-48	-54	-72
	100	150	50	0.69	104.1	-11	-47	-58	-72	0.76	24.7	123	-10	-44	-54	-68
	100	200	100	0.44	88.8	-18	-41	-59	-67	0.53	28.5	114.8	-18	-39	-57	-64

Aus den angeführten Versuchen ist zu ersehen, dass bei unveränderter Initialspannung „die Ueberlastungsperiode“ bei Steigerung der Ueberlastung unaufhörlich zunimmt (Helmholtz), was auch natürlich ist, da der Muskel mehr Zeit braucht, um seine Spannung vor Beginn der Zuckung zu erhöhen, je grösser der



**Fig. 1.**

**Energiecurven aus Versuch 30 (siehe Tab. VII, S. 123).**

Die dicht an den Curven stehenden Ziffern geben die Grösse der „latenten Spannungszunahme“ bei verschiedener Initialtension zu einem gewissen Zeitpunkt an, von dem Beginn der „latenten Spannungszunahmezeit“ gerechnet. So z. B. bezeichnen die senkrecht über einander stehenden Ziffern 50, 35 u. 32, dass ungefähr 0.008" nach Beginn der latenten Spannungsteigerung (oder 0.013" nach dem Reizmomente) die Spannung bei 100° Initialtension um 50° vermehrt worden ist, bei 25° Initialtension um 35° und bei 5° Initialtension um 32° u. s. w.

Unterschied zwischen der Initialtension und dem überlastenden Gewichte ist. Der Theil der „Ueberlastungsperiode“, welcher der eigentlichen Latenzzeit entspricht, muss hierbei in den verschiedenen Zuckungen als gleich gross angenommen werden, da dieselben unter ganz gleichen Verhältnissen beginnen. Um ungefähre und vor Allem bei den verschiedenen Bestimmungen vergleichbare Masse für die Zeit-

momente zu finden, welche die „latente Spannungszunahme“ erfordert hat, habe ich mich für berechtigt gehalten, von der „Ueberlastungsperiode“, einen für alle Fälle gleichen, der eigentlichen Latenzdauer entsprechenden Werth abzuziehen. Da indessen meine Bestimmungen der genannten Periode natürlich alle denselben Fehler haben, wie die der Latenzdauer in früheren Versuchen, nämlich den, dass sie zu lang sind, habe ich bei der in Frage stehenden Berechnung den hierauf beruhenden

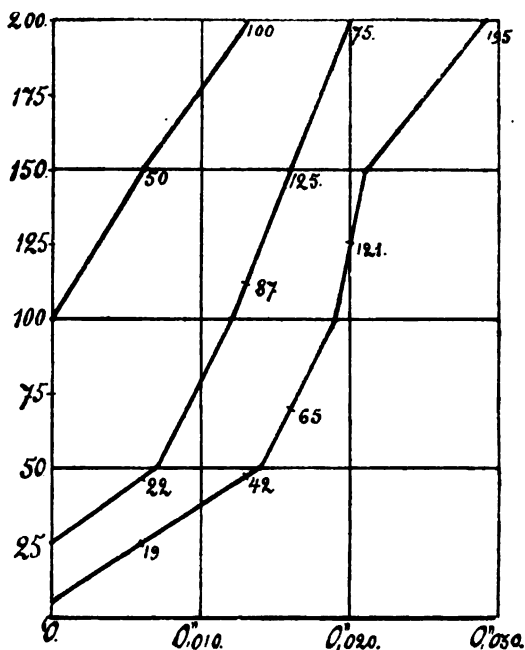


Fig. 2.

Energiecurven, construirt auf Grund der Mittelwerthe in Tab. VII.  
 Ueber die Bedeutung der bei den Curven stehenden Ziffern s. Anm. unter Fig. 1.  
 [An der Curve für 25° Initialtension muss ganz oben bei 200° Ueberlastung 175 statt 75 stehen.]

den wahrscheinlichen Fehler im Subtrahend einzuschliessen gesucht, indem ich die eigentliche Latenzdauer auf 0.007" veranschlagt habe, also auf etwas länger als den oben genannten, bei den besten Untersuchungen gefundenen Mittelwerth (0.005").

Ob die Versuchsanordnung isotonisch oder auxotonisch gewesen kann hier natürlich keine Rolle spielen, da die latente Spannungszunahme stattfindet, ehe der Muskel weder Gewicht noch Feder hat angreifen können. Die Werthe, welche unter gleichen Bedingungen

mit den beiden Versuchsanordnungen erhalten worden sind, stimmen im allgemeinen auch recht nahe mit einander überein, und bei den Berechnungen der „latenten Spannungszunahmezeit“ (d. h. der Ueberlastungsperiode, vermindert um die eigentliche Latenzdauer) habe ich deshalb den Mittelwerth der einander entsprechenden isotonischen und auxotonischen Zuckungen genommen.

Obgleich verschiedene Versuche natürlich eine Menge Variationen zeigen, kehren doch in nicht so wenigen Fällen bei derselben Initialspannung und gleich grosser latenter Tensionsvermehrung in verschiedenen Versuchen recht übereinstimmende Werthe der „latenten Spannungszunahmezeit“ wieder, wie folgende Zusammenstellung ergibt, in welcher auch die Mittelwerthe von ein Paar anderen, oben nicht angeführten Versuchen Aufnahme gefunden haben.

Tabelle VII.

Die „latente Spannungszunahmezeit“ bei verschieden grosser Ueberlastung.

Die Temperatur ist in sämtlichen hier angeführten Versuchen zwischen  $22.2^{\circ}$ — $24.5^{\circ}$  C. gewesen.

Anf- span- nung	Latenter Span- nungs- zuwachs	Latente Spannungszunahmezeit in den Versuchen:					Ungefähre Durch- schnitts- zahlen
		28	30	31	32	33	
5	45	—	0.009"	0.011"	0.016"	0.014"	0.013"
5	95	—	-15	-17	(-28) <sup>1</sup>	-19	-17
5	145	—	-19	-19	—	(-30)	-19
5	195	—	-27	—	—	(-36)	-27
25	25	0.005"	-6	-6	-6	-6	-6
25	75	-10	-10	-12	-11	-12	-11
25	125	-12	-15	-17	-14	-16	-15
25	175	-16	-18	-21	-19	(-24)	-18
100	50	—	-6	-5	(-10)	(-13)	0.0055"
100	100	—	-11	-12	(-14)	(-17)	-12
100	150	—	—	—	—	(-23)	—

<sup>1</sup> Die innerhalb der Paranthesen angegebenen Werthe sind wahrscheinlich aus irgend einer Veranlassung als zu gross zu betrachten, während die kleineren Werthe nach der Natur der Sache als richtiger angenommen werden können. Nur die letztgenannten sind bei der Angabe der Durchschnittszahlen zu Grunde gelegt worden.

Bei einer gegebenen Initialspannung zeigt die „latente Spannungszunahmezeit“ mit steigender Ueberlastung ein stetiges Wachsen. Wenn man, wie Helmholtz dies gethan, Energiecurven (Fig. 1 u. 2) construirt, wo die Abscisse die Zeit in Hundertstel Secunden angiebt und die Ordinaten die latente Spannungszunahme in g bezeichnen, so erhält man eine Uebersicht von dem Verlauf der latenten Spannungsteigerung bei vollständig unveränderter Länge des Muskels. Es zeigt sich dann, dass diese Curve erst mit zunehmender, darnach wieder, wenigstens bei geringer Initialtension, mit abnehmender Schnelligkeit steigt und dabei eine S-förmige Bahn beschreibt.

Von grösserem Interesse aber als der Verlauf der betreffenden Energiecurven an und für sich ist ein Vergleich zwischen deren Gang bei verschiedener Initialspannung. Es zeigt sich nämlich hierbei, dass die Spannungscurve in der Regel langsamer steigt, je geringer die Anfangsspannung ist, mit anderen Worten, dass der Muskel bei niedrigerer Initialtension längere Zeit dazu braucht, eine gewisse latente Spannungszunahme zu entwickeln als bei einer höheren Anfangsspannung, dass die Kraftentwicklung im ersteren Falle langsamer vor sich geht als im letzteren. Ein Blick auf die Fig. 1 u. 2, besonders auf die bei den Curven über einander stehenden Werthe der Spannungszunahme, zeigt die Richtigkeit dieses Satzes.

Dass auch bei zugelassener Verkürzung des Muskels das gleiche Verhältniss obwaltet, liegt schon darin, dass die Zuckungshöhe, da die Duration der Kraftentwicklung im allgemeinen wenig verändert wird, bei steigender directer Belastung nicht proportional mit der Zunahme der Belastung, sondern langsamer abnimmt, wodurch die mechanische Arbeit bis zu einer gewissen Grenze wächst. Dies setzt natürlich voraus, dass der Muskel bei einer grösseren Belastung seine Kraft schneller entwickelt. Und besonders muss dies der Fall sein, wenn wie bei auxotonischen Zuckungen und maximaler Reizung die Zuckungshöhe zunimmt — bis zu einer gewissen Grenze — mit wachsender Initialspannung. In dieser Beziehung sind besonders Tigerstedt's Versuche mit auxotonischen Zuckungen beweiskräftig, da bei diesen Federn angewendet wurden, deren Widerstand mit der Belastung proportional wuchs.<sup>1</sup> Bei anderen Versuchen aber, wo der Muskel sich hat verkürzen dürfen, kann der Einwand erhoben werden, dass der ungleiche Verlauf bei ungleicher Initialspannung auf den verschiedenen

<sup>1</sup> Tigerstedt, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. Suplem.-Bd. 1885. S. 239—243.

Verhältnissen beruht hat, auf welche der Muskel während der Contraction stösst (verschieden grosse Massen in Bewegung zu setzen, Unregelmässigkeiten in den Dehnungsverhältnissen der Federn und zufolge dessen ungleichartigen Spannungswechseln, wie in den meisten meiner auxotonischen Versuche). Eine solche Einwendung kann dagegen in Bezug auf die Ueberlastungsversuche nicht gemacht werden; hier sind in den Fällen, welche nun zu vergleichen sind, alle äusseren Verhältnisse ausser der Initialtension gleich gewesen. Wenn dann dieselbe Spannungszunahme verschiedene Zeit erfordert, kann es nicht leicht von etwas anderem abhängen, als dass die Muskelkraft bei verschiedener Ausgangsspannung verschieden schnell entwickelt worden ist.

Als Mass für die Schnelligkeit der Spannungszunahme in verschiedenen Fällen kann z. B. die Zeit genommen werden, welche erforderlich ist, damit der Muskel eine latente Spannungssteigerung von 100% entwickeln soll. Diese Zeit ist im Durchschnitt (vergl. Tab. VII) bei 5% Ausgangsspannung 0.017", bei 100% Initialspannung dagegen 0.012". Bei 5% Ausgangsspannung ist also ungefähr  $\frac{1}{3}$  der ganzen für die Contraction veranschlagten Zeit nothwendig, um die Spannung des Muskels um 100% zu vermehren; bei 100% Initialtension geschieht dies in  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{5}$  der ganzen Contractionszeit — ein Umstand, welcher gewiss nicht ohne Einfluss auf den totalen Effect der Muskelzuckung ist.

Bei Untersuchung der Tab. VI tritt ein anderer Umstand von nicht geringem Interesse hervor. Es zeigt sich nämlich, dass bei geringer Initialtension (5 oder 25%) das Maximum des Arbeitseffectes ziemlich constant auftritt bei einer Totalbelastung, die eine Ueberlastungsperiode (Ue.p.) von ungefähr 0.015" — 0.020" im Gefolge hat. Bei 5% Initialtension trifft dies mit einer Totalbelastung von 100% (latente Spannungszunahme von 95%) und einer Ueberlastungsperiode von 0.019" — 0.021" ein, bei 25% Initialspannung mit einer Totalbelastung von 100—150% (in einem Falle, Vers. 28 mit Auxotonie von nahezu 200%) und einer Ueberlastungsperiode von 0.015" — 0.020". Bei höherer Initialtension (100%) wird das Maximum des Arbeitseffectes schon bei 150% Totalbelastung oder darunter und bei einer Ueberlastungsperiode von 0.007" — 0.013" erreicht. Was das Verhalten bei geringerer Initialtension betrifft, stimmt das Resultat wohl mit dem überein, was Sogalla<sup>1</sup> bei seinen Versuchen gefunden hat, bei welchen er den Muskel zu verschiedenen Zeitpunkten seiner Verkürzung einen Hebelarm mit trägen equilibrierten Massen hat angreifen lassen. Dieser

<sup>1</sup> B. Sogalla, Beiträge zur mechanischen Analyse der Muskelzuckungscurven. Aus dem physiologischen Institut der Universität Würzburg. Inaug.-Dissertation. Würzburg 1889.

letztere führte nämlich die grössten Schwingungen aus, wenn ihn der Muskel angreifen dürfte, nachdem er ungefähr  $\frac{1}{3}$  des aufsteigenden Curvenschenkels zurückgelegt hatte, was wahrscheinlich ungefähr 0.020" bis 0.025" nach dem Reizmomente stattgefunden haben dürfte.

Oben ist bei vielen Gelegenheiten hervorgehoben worden, dass die Kraftentwicklung bei einer niedrigeren Anfangsspannung geringer wird als bei einer höheren. Diese Thatsache erhält eine interessante Beleuchtung durch das, was ich hier zu zeigen gesucht, dass nämlich die Kraftentwicklung bei einer höheren Initialtension schneller vor sich geht. Wenn auch, wie sowohl die Versuche in Abth. C dieses Aufsatzes wie auch mehrere der in Tab. VI mitgetheilten zeigen — der zeitliche Verlauf der Muskelzuckung, gerechnet vom Reizmomente bis zu dem, wo die Zuckung ihr Culmen erreicht hat, bei steigender Initialspannung etwas verlängert wird, so muss doch die grössere Kraftproduction bei höherer Initialtension hauptsächlich dem Umstande zugeschrieben werden, dass die Kraft des Muskels in diesem Falle schneller entwickelt wird.

Gleichzeitig damit, dass die „Ueberlastungsperiode“ bei steigender Ueberlastung wächst, nimmt — wie Tabelle VI zeigt — die Culmenzeit immer mehr ab. Bei einer niedrigeren Initialtension geschieht diese Abnahme bei gleichem Wachsthum der Ueberlastung schneller, da wie wir soeben gesehen — „die Ueberlastungsperiode“ anstatt dessen schneller wächst. Die Summe der genannten Periode und der Culmenzeit dagegen bleibt hierbei in den meisten Fällen ziemlich unverändert.

In den meisten Ueberlastungsversuchen habe ich die Basen der Muskelcurven auf deren Abscissen gemessen und dadurch die sogen. Basalzeit, d. h. die Zeit bestimmt, welche von dem Augenblick, wo die Curve von der Abscisse aufsteigt, bis zu dem verstreicht, da dieselbe die letztgenannte Linie wieder erreicht. Diese Messung wird dadurch möglich gemacht, dass die Muskelcurve bei Ueberlastungsversuchen aus leicht einzusehenden Gründen mit ihrem absteigenden Schenkel bald wieder zu der Abscisse hinabreicht. Bei zunehmender Ueberlastung zeigt diese Basalzeit, wie die Culmenzeit, ein stetes Abnehmen, ein um so schnelleres, je niedriger die Initialspannung ist. Im allgemeinen ist auch die Basalzeit, besonders mit geringerer Ueberlastung bei isotonischer Versuchsanordnung länger als bei auxotonischer, was zum grossen Theil seinen Grund darin hat, dass bei Auxotonie die sich zusammenziehende gedehnte Feder die Wiederverlängerung des Muskels beschleunigt.

In Versuchen mit untermaximaler Reizung und Ueber-

lastung beansprucht „die Ueberlastungsperiode“ einen noch grösseren Theil der Zeit, welche vom Reizmomente bis dahin verfliesst, dass die Zuckung ihr Culmen erreicht, da nicht nur die latente Spannungssteigerung ihre Zeit erfordert, sondern auch die eigentliche Latenzzeit wächst.

Als Beispiel hierfür mag folgender Versuch dienen:

Tabelle VIII.

Der zeitliche Verlauf von Muskelzuckungen bei Ueberlastung und untermaximaler, variirender Reizstärke.

Vers. Tem- pera- tur	Isotonie.				Gewicht mit einem Metallstabe gehoben					Auxotonie. Feder B.						
	Anf.-Spanng.	Totalbelast.	Latenter Span- nungszuwachs	Rollensabstand	Zuck- höhe	Arbeit	Ue. p.	Culmen- zeit	Summe	Zuck- höhe	Spann- zuwachs	Arbeit	Ue. p.	Culm en- zeit	Summe	
35	5	5	0	10	2.97	14.9	0.009"	0.087"	0.096"	0.31	71.5	13.7	0.006"	0.039"	0.045"	
23.4°	5	50	45	10	0.48	24	-23	-29	-52	0.24	42	17.7	-18	-20	-38	
Cels.	5	50	45	11	0.38	19.2	-26	-29	-55	0.15	29.4	9.7	-26	-17	-43	
	5	50	45	12	0.05	2.5	-34	-12	-46	0.06	12.5	3.1	-32	-12	-44	
	5	100	95	10	0.008	0.8	-39	-5	-44	0.02	2.0	2.0	-35	-7	-42	
	50	50	0	10	1.21	60.5	0.009"	0.051"	0.060"	0.50	71.4	45.2	0.009"	0.044"	0.053"	
	50	100	50	10	0.57	57.4	-17	-37	-54	0.42	36	49.4	-17	-35	-52	
	50	100	50	11	0.56	56.3	-17	-37	-54	0.38	38.2	44.3	-17	-34	-51	
	50	100	50	12	0.31	31.3	-24	-32	-56	0.21	19.8	23.5	-23	-29	-52	
	50	100	50	13	0.014	1.4	-40	-6	-46	0.05	5.2	4.8	-34	-13	-47	
	100	100	0	10	0.76	76.0	0.009"	0.054"	0.063"	0.51	42.2	62.2	0.010"	0.049"	0.059"	
	100	150	50	10	0.38	56.6	-20	-40	-60	0.36	31.4	58.9	-19	-36	-55	
	100	150	50	11	0.33	49.1	-23	-37	-60	0.31	27.6	50.5	-21	-34	-55	
	100	150	50	12	0.03	4.16	-32	-17	-49	0.13	12.8	19.5	-28	-23	-51	
	100	200	100	10	0.10	20	-31	-23	-54	0.15	9	31.2	-30	-25	-55	
	100	200	100	11	0.03	5.6	-36	-10	-46	0.11	6.2	21.4	-33	-17	-50	

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass bei constanter Anfangsspannung und Ueberlastung wie abnehmender Reizstärke „die Ueberlastungsperiode“ wächst, während die Culmenzeit geringer wird und die Summe beider ziemlich constant bleibt. Bezüglich der Zunahme „der Ueberlastungsperiode“ ist zu merken, dass — nachdem, was die Versuche mit untermaximaler Reizung und directer Belastung zeigen — die in genannter Periode enthaltene eigentliche Latenzzeit bei Verminderung der Reizstärke wächst. Dass dies auch mit der für Hervorbringung

<sup>1</sup> Hinsichtlich dieser ausserordentlich hohen Werthe siehe oben S. 110.



der latenten Spannungszunahme erforderlichen Zeit der Fall war, ergibt sich aus folgender Zusammenstellung, in welcher ich von den betreffenden Werthen der „Ueberlastungsperiode“ die bei directer Belastung unter übrigens gleichen Verhältnissen, d. h. mit derselben Initialspannung und Reizstärke gefundene Latenzzeit abgezogen habe.

Tabelle IX.

Die „latente Spannungszunahmezeit“ bei variirender untermaximaler Reizstärke.

Totalbelastung	Latent. Spannungszuwachs	Rollenabstand	Ue. p.	Latenzzeit	Dauer des latent. Spannungszuw.	Anordnung
100	50	12	0.027"	0.013"	0.014"	isoton.
100	50	12	-25	-13	-12	auxoton.
100	50	13	-40	-14	-26	isoton.
100	50	13	-33	-14	-19	auxoton.
150	50	11	-25	-11	-14	isoton.
150	50	11	-23	-12	-11	auxoton.
150	50	12	-33	-14	-19	isoton.
150	50	12	-31	-15	-16	auxoton.
100	90	0	-18	-8	-10	isoton.
100	90	0	-17	-7	-10	auxoton.
100	90	12	-36	-10	-26	isoton.
100	90	12	-38	-12	-26	auxoton.

Betrachten wir die in der zuletzt angeführten Tabelle vorkommenden Werthe der Zeit, welche die latente Spannungszunahme in Anspruch nimmt, so finden wir, dass genannte Zeit bei constanter Anfangsspannung und gleich grosser latenter Spannungszunahme länger ist je schwächer die Reizung — unter der Voraussetzung, dass wenigstens die schwächere Reizung untermaximal ist — oder mit anderen Worten: Bei schwächerer untermaximaler Reizung entwickelt sich die Muskelkraft langsamer als bei einer stärkeren Reizung. Dieses Verhalten kann übrigens, wenn die Duration der Kraftentwicklung bei Verminderung der Reizstärke nur in ganz geringem Masse verändert wird, auch als darin ausgedrückt betrachtet werden, dass bei gleich grosser directer Belastung und abnehmender, untermaximaler Reizstärke die Muskelcurve immer langsamer (unter immer geringerem Winkel) von der Abscisse steigt und eine immer geringere Höhe erreicht.

Wird dagegen die Reizstärke innerhalb des Gebietes, welches maximale Zuckungen giebt, variirt, so erhält man bei sonst gleicher Anordnung bekanntlich gleich hohe und im Ganzen gleichförmige Curven (wenn Temperaturwechsel und Ermüdung ausgeschlossen sind). Die Schnelligkeit der Kraftentwicklung variirt also in diesem Falle nicht mit den Wechslungen der Reizstärke. Dasselbe zeigen ein Paar Beispiele aus den Ueberlastungsversuchen.

Tabelle X.

Ueberlastungszuckungen; zeitlicher Verlauf bei variirender, maximaler Reizstärke.

Anfangs- spannung	Latent. Span- nungs- zuwachs	Rollen- abstand	An- ordnung	Zuckungs- höhe	Ue. p.	Latenz- zeit	Lat. Span- nungs- zunahme- zeit
5	45	10	Isoton.	0.49	0.024"	0.008"	0.016"
5	45	11	"	0.52	-24	-8	-16
5	45	10	"	0.39	-20	-9	-11
5	45	11	"	0.39	-20	-9	-11
5	45	10	Auxoton.	0.17	-19	-8	-11
5	45	11	"	0.17	-20	-8	-12

Hier sind bei Variation der Reizstärke gleich hohe (oder bei der schwächeren Reizung sogar etwas höhere) Zuckungen erhalten worden. Die Reizstärke ist also innerhalb des Gebietes variirt worden, welches die unter sonst obwaltenden Verhältnissen höchsten Zuckungen giebt. Wir finden dabei, dass die Variation der Reizstärke keinen Einfluss auf die Länge der Zeit ausübt, welche zur Entwicklung der latenten Spannungszunahme erforderlich gewesen, oder mit anderen Worten, dass bei variirender, maximaler Reizstärke die Muskelkraft mit einer constanten Schnelligkeit entwickelt wird, wenn die übrigen Versuchsbedingungen unverändert bleiben.

Aus dem in Tabelle VIII mitgetheilten Versuche, dessen Resultat mit einigen anderen übereinstimmt, welche aus Mangel an Raum nicht mitgetheilt worden sind, gehen auch ein Paar andere Thatsachen hervor. Bei constanter, untermaximaler Reizstärke, unveränderter Initialspannung und steigender Ueberlastung wächst die „Ueberlastungsperiode“ und nimmt die Culmenzeit mit grosser Schnelligkeit ab, besonders bei niedriger Anfangstension, und schneller als mit maximaler Reizstärke

bei übrigen gleichen Verhältnissen (letzteres geht aus einem Vergleich mit den Werthen aus Versuchen mit maximaler Reizung, variirender Ausgangsspannung und Ueberlastungen hervor, s. S. 118 u. f.). Die Summe der Ueberlastungsperiode und Culmenzeit bleibt dagegen ungefähr constant.

Bei unveränderter, untermaximaler Reizstärke und gleich grosser latenter Spannungszunahme varriert schliesslich der zeitliche Verlauf mit der Initialspannung: bei einer niedrigen erhält man, wie Tabelle XI unten zeigt — bis zu einer gewissen Grenze — eine längere „Ueberlastungsperiode“ und kürzere Culmenzeit, während die Summe von beiden constant bleibt. Auch hierbei wird also die Muskelkraft bei geringer Anfangsspannung langsamer entwickelt als bei einer etwas grösseren. Diese Regel gilt jedoch, wie die Tabelle unten zeigt, nicht für hohe Ausgangsspannungen (100<sup>e</sup>), bei welchen mit Ueberlastung und untermaximaler Reizung sehr niedrige Zuckungen erhalten werden, wo die „Ueberlastungsperiode“ wieder wächst und die Culmenzeit geringer wird.

Tabelle XI.

Zeitlicher Verlauf bei Ueberlastungszuckungen mit constanter untermaximaler Reizung und gleich grosser „latenter Spannungszunahme“, aber ungleicher Initialspannung.

Versuch	Rollen- abstand	Anfangs- spanng.	Latenter Span- nungs- zuwachs	An- ordnung	Ue. p.	Culmen- zeit	Summe
35	12	5	45	{ isoton.	0.034"	0.012"	0.046"
				{ auxoton.	— 32	— 12	— 44
	12	50	50	{ isoton.	— 24	— 32	— 56
				{ auxoton.	— 23	— 29	— 52
	12	100	50	{ isoton.	— 32	— 17	— 49
				{ auxoton.	— 27	— 23	— 50
37	12.5	5	45	{ isoton.	— 37	— 10	— 47
				{ auxoton.	— 33	— 16	— 49
	12.5	50	50	{ isoton.	— 31	— 23	— 54
				{ auxoton.	— 30	— 20	— 50
38	12	5	45	{ isoton.	— 33	— 20	— 53
				{ auxoton.	— 31	— 24	— 55
	12	50	50	{ isoton.	— 27	— 41	— 68
				{ auxoton.	— 25	— 37	— 62
	12	100	50	{ isoton.	— 33	— 23	— 61
				{ auxoton.	— 31	— 26	— 57

## F. Schlussbemerkungen und Versuchsergebnisse.

Aus den nun mitgetheilten Zeitmessungen bei Versuchen verschiedener Art geht also hervor, dass die Zeit — vom Reizmomente an — welche der Muskel braucht, um das Maximum der Verkürzung zu erreichen, im allgemeinen ziemlich constant ist, dass dieselbe meistens nur unbedeutend wechselt mit den Variationen der Zuckungshöhe und der mechanischen Arbeit, mit der Initialtension und dem Spannungswechsel während der Zuckung sowie mit der Reizstärke. Temperatur und Ermüdung dagegen influiren bekanntlich die Länge des genannten Zeitraumes in höherem Grade: die aber übergehe ich hier, da ihr Einfluss früher Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen ist und meine Experimente nicht darauf gerichtet waren, diese Fragen weiter zu beleuchten.

Wie ich oben klarzustellen gesucht, entspricht die Culmenzeit ziemlich genau derjenigen Zeit, während der wahrscheinlich die lebhafteste Kraftentwicklung im Muskel stattfinden muss, und speciell fällt das Ende dieser Zeit — die Erreichung des Culmens und der Uebergang zur Wiederverlängerung — wenn auch wahrscheinlich nicht mit dem Aufhören der Kraftentwicklung zusammen, so doch mit einer plötzlichen Verminderung derselben. Die von einem einzigen Oeffnungsinductionsschlage ausgelöste lebhafteste Kraftproduction im Muskel hat also eine ziemlich constante Duration, unabhängig — innerhalb gewisser Grenzen — von dem Widerstand, welcher der Contraction begegnet, wie auch von der Reizstärke. Die Grösse der Arbeit wieder, welche der Muskel während der Zuckung ausführt, die Höhe, bis zu welcher er zuckt, die Spannung, welche er hierbei entwickelt u. s. w. hängen davon ab, wieviel derselbe unter den gegebenen Verhältnissen (der Spannung vor und während der Zuckung, der Reizstärke u. s. w.) in der für die Kraftentwicklung bestimmten Zeit leisten kann d. h. von der Geschwindigkeit der Kraftentwicklung.

Bei einer geringen Initialspannung geschieht die Kraftentwicklung langsamer als bei einer grösseren, bei untermaximaler Reizung gleichfalls langsamer als bei maximaler, und der Effect wird — wenn die ganze Zeit der Kraftproduction in sämtlichen Fällen ungefähr dieselbe ist — bei der niedrigen Initialtension und der untermaximalen Reizung geringer. Mit variirender maximaler Reizung aber bleibt die Schnelligkeit, womit die Muskelkraft entwickelt wird, unverändert — wie sich auch die Duration des genannten Processes fortwährend constant erhält. Es scheint wahrscheinlich, dass, wenn die Reizstärke maximale

Höhe erreicht hat, die Kraftentwicklung damit auch ein Maximum von Geschwindigkeit erreicht hat, über welches dieselbe bei einer einzelnen Reizung unter den obwaltenden Verhältnissen (von Ausgangsspannung, Belastung u. s. w.) nicht weiter getrieben werden kann. Dass es eine solche Grenze geben muss, ist selbstverständlich, da es sich um einen Process handelt, der, wie schnell er auch verlaufen mag, dennoch eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen muss. v. Kries<sup>1</sup> hebt die Wahrscheinlichkeit einer solchen Begrenzung hervor.

Diese Thatsachen — dass Geschwindigkeit und Dauer der Kraftentwicklung bei maximaler variirender Reizung unverändert bleiben — scheint mir ein Schritt weiter zu der Erklärung des eigenthümlichen Umstandes zu sein, dass, wenn die Reizstärke eine gewisse Grenze erreicht hat, Zuckungshöhen und mechanische Arbeit nicht mehr zunehmen, sondern constant bleiben, selbst wenn die Reizstärke fortwährend vermehrt wird. Dass diese „Erklärung“ nur eine Umschreibung des Factums ist, dass die Muskelcurven bei variirender, maximaler Reizung gleich hoch und gleichförmig sind, ist mir wohl klar. Es will mir indessen scheinen, als ob die Betonung der Begrenzung der Kraftproduction, sowohl bezüglich der Geschwindigkeit als der Duration, das erwähnte Verhalten mit der Constanz bei maximaler variirender Reizung begreiflicher — ja, so zu sagen, ganz natürlich macht.

Die fundamentale Frage wiederum, warum die Kraftproduction nach einem Oeffnungsinductionsschlage in ihrer Dauer auf ungefähr 0.05" — 0.06" begrenzt ist, während der Muskel, wenn er von zwei oder mehreren, schnell nach einander folgenden Reizungen getroffen wird, sowohl mehr Kraft entwickeln als dies längere Zeit leisten kann, scheint einer detaillirten Lösung noch ferne zu sein, da man ja über die Ursachen zu dem Vermögen des lebenden Protoplasmas, bei Reizung zu reagiren, nichts Näheres weiss, noch weniger von den annehmbar in denselben enthaltenen Factoren, welche diese Reaction in Bezug auf zeitlichem Verlauf und Intensität begrenzen. In dem hier vorliegenden Falle scheint es indessen so natürlich, dass auf die äusserst kurze Inductionsreizung ein kurzer Effect, ein schnell vorübergehender Reizzustand folgen soll, dass man sich kaum gemahnt fühlt, hierzu eine eingehendere Erklärung zu suchen.

Die Resultate der Zeitmessungen, sowohl in den Theilen wo sie frühere Untersuchungen constatiren (s. die Einleitung dieser Abhandlung), wie in den Punkten, wo sie neu sind, dürften in folgende Sätze zusammengefasst werden können:

<sup>1</sup> v. Kries, *Archiv für Anatomie und Physiologie*. 1880. S. 372.

1. Die Zeit, welche vom Reizmomente bis dahin verstreicht, dass die Zuckung ihr Culmen erreicht, ist bei directer Reizung des (nicht bis zum Uebermass) curaresirten Froschmuskels mittelst einzelner Oeffnungs-inductionsschläge und bei unbehinderter Verkürzung ungefähr 0.055" Helmholtz u. a.). Die Zeit vom Beginn der Muskelzuckung bis zur Erreichung des Culmens (Culmenzeit) ist um die Länge der Latenzdauer kürzer.

2. Bei steigender directer Belastung und sowohl isotonischer als auxotonischer Versuchsanordnung variirt die Culmenzeit im allgemeinen nur relativ unbedeutend (Place), zeigte dabei jedoch eine Zunahme von 0.01"—0.02", was ungefähr 20—30, höchstens 50% von dem geringsten Werthe der Culmenzeit in den betreffenden Versuchen entspricht. Bei ungleich schneller Spannungssteigerung während der Zuckung wird genannte Zeitperiode wenig beeinflusst (Brücke).

3. Bei untermaximaler, abnehmender Reizstärke und constanter Belastung wächst die Latenzzeit erst langsam, dann schneller (Tigerstedt); die Culmenzeit zeigt zuweilen eine unbedeutende Zunahme bei 12—13.5 cm Rollenabstand; bei noch schwächerer Reizung dagegen zeigt dieselbe eine — zuweilen etwas bedeutendere — Verminderung. Die Summe der Latenz- und Culmenzeit verbleibt dabei ziemlich constant (Nawalichin, Brücke) oder nimmt etwas zu, jedoch nur in geringem Grade, in maximo etwas über 20% der betreffenden Minima.

4. Bei constanter, untermaximaler Reizstärke und steigender Belastung wird die Latenzzeit etwas vermehrt, desgleichen die Culmenzeit, die letztgenannte in etwas höherem Grade.

5. Bei unveränderter Initialspannung und zunehmender Ueberlastung wird die „Ueberlastungsperiode“ (die Zeit vom Reizmomente bis zu Beginn der Zuckung) vermehrt (Helmholtz).

6. Während der „Ueberlastungsperiode“ — also bei unveränderter Länge des Muskels — entwickelt sich die Spannung des Muskels erst mit zu-, dann mit abnehmender Geschwindigkeit (Helmholtz).

7. Bei niedrigerer Initialtension braucht der Muskel längere Zeit, um eine gewisse „latente Spannungsvermehrung“ zu Stande zu bringen als bei höherer Anfangstension; die Kraftentwicklung geschieht im ersten Falle langsamer als im letzteren. Hierin, wie in dem Umstande, dass die Duration der Kraftentwicklung ziemlich constant bleibt, liegt hauptsächlich der Grund dazu, dass der Effect der Muskelzuckung bei geringer Anfangsspannung kleiner ist als bei einer grossen.

8. Bei constanter Anfangstension und zunehmender Ueberlastung nimmt die Culmenzeit stetig ab — je schneller, um so niedriger die Initialspannung ist. — Die Zeit vom Reizmomente bis zur Erreichung des Culmens bleibt dagegen ziemlich constant.

9. Bei untermaximaler Reizung und Ueberlastung wird sowohl die eigentliche Latenzzeit als die „Spannungszunahmezeit“ vermehrt — die ganze „Ueberlastungsperiode“ also in noch höherem Grade — während die Culmenzeit viel schneller abnimmt, und dies immer mehr, je schwächer die Reizung wird, indem die Intensität der Kraftentwicklung sich schnell verringert; auch ihre Geschwindigkeit nimmt gleichzeitig ab.

Bei Ueberlastungsversuchen und variirender maximaler Reizung bleibt die Ueberlastungsperiode unverändert, d. h. die Muskelkraft entwickelt sich mit constanter Geschwindigkeit.

11. Die Grösse der Zuckungshöhe, Spannungszunahme und mechanischen Arbeit ist davon abhängig, wieviel der Muskel unter den gegebenen Verhältnissen (der Spannung vor und während der Zuckung, der Reizstärke, der Temperatur und dem Grade der Reizbarkeit) in der für die Kraftentwicklung gegebenen Zeit leisten kann.

12. Bei maximaler Reizung hat wahrscheinlich die Geschwindigkeit der Kraftproduction des Muskels eine Grenze erreicht, über welche dieselbe — unter den obwaltenden Umständen — nicht getrieben werden kann. Da auch die Kraftentwicklung eine gewisse, recht constante Duration hat, folgt daraus, dass die Muskelzuckungen gleich hoch bleiben, wie auch die maximale Reizstärke variirt werden möge.

# Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels.<sup>1</sup>

Von

C. G. Santesson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

## Vierte Abhandlung.

### Die Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraftentwicklung bei der Muskelcontraction.

---

Im allgemeinen nimmt man an, dass bei der sogen. isotonischen Zuckung die Spannung des Muskels während der Dauer der Contraction constant bleibt, jedoch nur insofern die benutzte Schreibvorrichtung dies gestattet. Um einen Einblick in die Art und Weise wie sich die Muskelkraft bei einer jeweiligen Contraction thatsächlich entwickelt zu erhalten, muss man den Vorgängen im Muskel während der einzelnen Abschnitte der isotonischen oder andersartigen Zuckung folgen; nur dadurch wird man Aufklärung darüber erhalten, wie der Muskel unter verschiedenen Umständen wirkt, sowie auch in einem gewissen Grade die Ursache ausfindig machen, warum der Reizung in verschiedenen Fällen eine verschiedene Wirkung folgt.

---

#### Erstes Capitel.

##### Geschichtliche Einleitung.

In einem speciellen Falle und zwar bei (aufs Nächste) verhinderter Verkürzung ist die Kraftentwicklung des Muskels bei der Zuckung sowohl mit Rücksicht auf die Intensität wie auch auf den zeitlichen Verlauf genau ermittelt worden (Fick<sup>2</sup>). Unter Anwendung seines

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen am 21. October 1891.

<sup>2</sup> Fick, *Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit*. Leipzig 1882. S. 131 u. folg.



„Spannungsmessers“ hat Fick sog. isometrische Curven geschrieben, welche die Veränderung der Spannung des Muskels bei (fast) unveränderter Länge angeben. Diese Curven zeigen, dass die Spannung bei dieser Anordnung sehr beträchtlich zunimmt — in einigen Fällen bis auf 400% und höher, ferner, dass sie sehr schnell ansteigt, so dass das Maximum der Spannung in viel kürzerer Zeit erreicht wird, als die Zuckungen bei unverhinderter Verkürzung ihr Contractionsmaximum erreichen (nach den a. a. O. mitgetheilten Curven etwa in der Hälfte dieser Zeit), sowie endlich, dass der Spannungszuwachs zuerst mit zunehmender, später aber mit abnehmender Geschwindigkeit stattfindet, bis das Culmen erreicht wird. Hinsichtlich ihres Verlaufes und ihrer Bedeutung zeigen sie eine nicht zu verkennende Uebereinstimmung mit den „Energiecurven“, welche Helmholtz auf Grund seiner Ueberlastungsversuche construirt hat, indem er bei zunehmender Ueberlastung die Zeit bestimmte, welche nothwendig war, damit der Muskel bei unveränderter Länge seine Spannung von der initialen Grösse bis zu einer dem überlastenden Gewicht entsprechenden Spannung vergrössern sollte<sup>1</sup>. In methodischer Hinsicht liegt der Unterschied zwischen den Curven von Helmholtz und von Fick u. A. darin, dass diese direct, bei einer und derselben Muskelzuckung gewonnen sind, während jene durch Zusammenstellung einer Anzahl von Zuckungen erhalten worden sind; dabei ist aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der Muskel durch Ermüdung u. dgl. im Verlaufe des Versuches etwas verändert worden ist. Auf der anderen Seite ist bei den Versuchen Fick's die Verkürzung nicht vollständig ausgeschlossen, und die Angaben des Spannungsmessers sind, wie dies Fick selbst hervorhebt, bei einem so äusserst schnellen Process nicht ganz sicher.

Viel grössere Schwierigkeiten begegnen uns, wenn wir den Verlauf der Kraftentwicklung bei unverhinderter Contraction untersuchen wollen. Hierbei müssen wir verschiedene Versuchsanordnungen berücksichtigen, je nachdem sich die Mechanik der Muskelzuckung verschieden darstellt.

1. Der Muskel zuckt bei — soweit möglich — unveränderter Spannung während der ganzen Dauer der Contraction, indem er einen leichten Hebel in einer gewissen Entfernung von der Achse angreift, während das belastende Gewicht ganz nahe der letzteren befestigt ist (isotonische Zuckung; Marey, Fick).

2. Der Muskel hebt ein an seinem freien Ende direct befestigtes Gewicht, wobei, bevor dieses in eine genügend schnelle Bewegung

<sup>1</sup> Helmholtz, *Wissenschaftl. Abh.* II. Abth. 2. Leipzig, 1863. S. 775.

kommt, die Spannung im Muskel vergrössert wird. Als später die Geschwindigkeit der Muskelbewegung fortwährend zunimmt, nimmt die Spannung des Muskels wieder ab und erreicht etwas später denselben Werth, wie im Beginn der Zuckung, um endlich unterhalb dieser Grenze herabzusinken; zu gleicher Zeit wird die Belastung immer mehr dahin tendiren, sich in eine eigene Bahn zu bewegen (einfache Wurfbewegung; Helmholtz<sup>1</sup>).

3. Der Muskel greift einen Hebel mit equilibrirten Massen an, welche ihn nicht belasten, sondern einander in Gleichgewicht halten. Hierbei ist der Zuckungsverlauf anfangs dem eben erwähnten analog (initiale Zunahme der Spannung, darnach Abnahme bis zur Entlastung des Muskels), wonach die trägen Massen von der Schwerkraft unabhängig, aber von der Friction, dem Luftwiderstand und der Einwirkung der Schwere auf die nicht equilibrirten Apparatheile gehemmt, die Bewegung, in welche sie gebracht worden sind, fortsetzen (Wurfbewegung mit trägen, equilibrirten Massen; Fick<sup>2</sup>).

4. Der Muskel contrahirt sich bei stetig zunehmender Spannung, indem er bei seiner Verkürzung irgend einen elastischen Körper, der dabei einen stetig zunehmenden Widerstand leistet, dehnt oder biegt (auxotonische Zuckung; Marey, Place, u. A.)

Ich werde jetzt den Verlauf der Kraftentwicklung bei diesen verschiedenen Arten der Muskelzuckung näher untersuchen.

Ogleich er nicht die einfachsten Verhältnisse darbietet, werde ich jedoch zuerst den Fall betrachten, wo der Muskel sich bei directer Belastung verkürzt (Nr. 2), weil eben bei diesem Falle die beste Aufklärung darüber, was bei der Mehrzahl der übrigen Fälle stattfindet, gewonnen wird.

Schon Helmholtz hat, wie erwähnt, den allgemeinen Verlauf der Kraftentwicklung des Muskels bei dieser Anordnung angegeben. Später hat meines Wissens nur Blix diesen Fall (nebst mehreren anderen) mittelst eines sinnreichen Apparats experimentell untersucht. Der betreffende Apparat registrirte zu derselben Zeit sowohl die Verkürzung wie die Spannungsschwankung während der Zuckung. Die Versuchsanordnung war die folgende:

Das vertical herabhängende Muskelpräparat wird mit dem oberen Ende an einen Seidenfaden befestigt, der um die Achse eines Schreibhebels geschlagen und an eine steife Spiralfeder gebunden war. Die Achse des Schreibhebels ist horizontal und der ausserordentlich leichte

<sup>1</sup> Helmholtz, *Wissenschaftl. Abh.* II. Abth. 2. 1883. S. 769 u. folg.

<sup>2</sup> Fick, *Mechanische Arbeit u. Wärmeentwicklung.* 1882. S. 120 u. folg.

Hebelarm bewegt sich um die Verticallage. An das untere Ende des Muskels ist ein berusstes Cartonblatt befestigt, das der Bewegungsebene des oben genannten Schreibhebels parallel hängt. Um diese Stellung zu schützen, ist der untere Rand des Cartonblattes mit dem unteren Ende eines leichten und steifen Hebels (Steuerhebel) durch ein zweckmässiges Zwischenstück senkrecht gegen die Ebene des Blattes befestigt worden. Jeder Theil der Schreibplatte muss also bei der Contraction des Muskels sich in verticaler Richtung bewegen, ebenso viel als das untere Ende des Muskels, während das obere fast unbeweglich bleibt. Die von dem Schreibhebel des Spannungsmessers auf diese Weise geschriebenen Curven beziehen sich daher auf ein Coordinatensystem, wo die verticale Ordinate die Längenvariationen des Muskels angiebt, und die bogenförmige Abscisse der Spannung proportional ist.<sup>1</sup>

An dem obengenannten Steuerhebel wurde entweder ganz nahe der Achse (isotonische Zuckung) oder auch davon entfernt ein Gewicht angebracht; im letzten Falle nähert sich die Anordnung immer mehr derjenigen bei directer Belastung des Muskels (Nr. 2). Wenn nun der Muskel zucken konnte, ohne dass dabei die Spannung verändert wurde, würde der Schreibhebel nur eine, die Verkürzung angegebende verticale Linie auf das Cartonblatt gezeichnet haben. In der That nahm aber die Spannung — nach den Ausschlägen zu beurtheilen — sogar bei isotonischer Anordnung in keinem geringen Grade zu, und dann trat der Spannungsmesser in Thätigkeit, wobei der Schreibhebel von seiner verticalen Stellung aus entweder in die eine oder die andere Richtung auswich, solcher Art eine Zunahme oder eine Abnahme der Spannung des Systems angehend. Bei der Verkürzung des Muskels gab die Curve stets eine initiale Spannungszunahme an, welcher eine Senkung unterhalb der Initialspannung folgte — also dem oben dargestellten Verlauf beim Heben eines Gewichtes entsprechend.

Wenn die Grösse der Excursion des Schreibhebels bei einem gewissen Zuwachs der Belastung empirisch gradirt worden, könnte man aus der Curve für jeden einzelnen Punkt die Spannungsgrösse bestimmen — vorausgesetzt, dass die Curve den Verlauf richtig darstellte. Auch konnte die Totalarbeit — unter Rücksicht auf die Spannungsschwankungen — in der Weise bestimmt werden, dass bei (fast) unbelastetem Muskel eine senkrechte Linie gezeichnet wurde, während

---

<sup>1</sup> Blix, Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage ob Wärme bei der Muskelcontraction sich in mechanische Arbeit umsetze. *Zeitschr. f. Biol.* 21. 1885. S. 246 u. folg.

zwei, durch die Endpunkte der Muskelcurve gehende und mit der Richtung, in welcher der Schreibhebel den Spannungsschwankungen auswich, parallele horizontale Bogenlinien soweit ausgezogen wurden, bis sie die verticalen trafen. Aus der von diesen drei Linien und der Verkürzungsspannungscurve begrenzten Oberfläche wurde die Grösse der geleisteten Arbeit berechnet; diese zeigte bei einem mitgetheilten Versuche nur eine unbedeutende (positive) Differenz gegen die aus der Hubhöhe und dem Gewicht berechnete Arbeit.

In seiner eben erwähnten Abhandlung nennt Blix gelegentlich, dass die Ausschläge des Spannungsmessers und die Verkürzung des Muskels jede für sich durch je einen Schreibhebel registriert werden konnten. Ich habe einige Versuche in dieser Richtung ausgeführt und zwar in der Weise, dass ich den Muskel an einen Spannungsmesser (nach dem Princip Fick's) mit horizontalem Arm anhing, während das untere Ende des Muskels in gewöhnlicher Weise mit dem, durch herabhängende Gewichte belasteten Schreibhebel des Myographen verbunden war. Wenn der Muskel zuckte, wurde an dem vertical stehenden Cylinder oben die Curve der Spannungsschwankung, unten die gewöhnliche Verkürzungscurve geschrieben. Auch bei dieser Anordnung gab die erstere einen initialen Spannungszuwachs an, welcher von einer Senkung unterhalb der Anfangsspannung gefolgt wurde. Der Spannungsmesser wurde durch Belastung mit zunehmenden Gewichten empirisch gradirt.

Um den Spannungsmesser zu controliren, wurde der Schreibhebel des Myographen mit einer Spiralfeder von bekannter Stärke verbunden und der Muskel zur Contraction gereizt. In diesem Falle gab der Spannungsmesser eine Zunahme der Spannung bis zum Culmen der Muskelzuckung an. Etwa übereinstimmende Resultate erwartend, bestimmte ich nun die Endspannung sowohl aus der Spannungs-, wie auch aus der Verkürzungscurve, aber nur ausnahmsweise stimmten die gefundenen Werthe einigermassen unter einander überein. An dem Spannungsmesser wurden zungenförmige und Spiralfedern sowie Kautschuk versucht — immer mit demselben Misserfolg.<sup>1)</sup> Es war nicht möglich, den Spannungsmesser in der Weise zu gradiren, dass er eine wenn auch nur approximative Schätzung der Intensität der Spannungsschwankungen erlaubte. Endlich zeigte es sich auch, dass bei Versuchen mit Ueberlastung und auxotonischer Anordnung, wo die Spannung aller

<sup>1</sup> Ich bemerke, dass der betreffende Apparat, aus den geschickten Händen des Herrn G. Sörensen entstammend, sehr gut gearbeitet war, und dass also etwaige Mängel in dessen Ausführung bei dem Misserfolg nicht betheiligt gewesen.

Wahrscheinlichkeit nach bis auf das Culmen der Contraction zunehmen muss, die Curve des Spannungsmessers unmittelbar nach dem Anfang der Verkürzung statt der erwarteten Zunahme eine Abnahme angab. Diese Thatsache lehrte mich, dass ich kein Vertrauen zu der Spannungscurve hegen konnte, und zwar auch nicht hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der Spannungsschwankungen, besonders da es sich um die Verhältnisse bei frei herabhängendem Gewicht handelte, wo die initiale Spannungszunahme so schnell, eben im frühesten Anfang der Zuckung, entsteht und verschwindet.

Noch andere Methoden hat man versucht, den zeitlichen Verlauf der Spannungsschwankungen näher zu verfolgen. Für den Fall, dass der Muskel, ausser einem belastenden Gewicht, auch träge, equilibrierte Massen in Bewegung zu setzen gehabt hat, hat Fick<sup>1</sup> die Frage von dem Verlauf der Kraftentwicklung behandelt, sowie die Möglichkeit discutirt, aus dem Vergleich mit einer Reihe isotonischer Curven bei steigender Belastung Schlüsse hinsichtlich der Spannungsschwankungen in dem Anfange einer Wurfcurve zu ziehen. Wenn diese mit einer Initialspannung von etwa 10% anfängt, nach einer gewissen Zeit aber die Höhe der entsprechenden isotonischen Curve im entsprechenden Moment noch nicht erreicht hat, sondern statt dessen mit der isotonischen Curve bei 70% Spannung zusammenfällt, so würde die Spannung in diesem Moment 70% betragen haben. Diese Berechnung geht von der Annahme aus, dass die Spannung des zuckenden Muskels in jedem Augenblicke nur von der Länge des Muskels und von der seit dem Beginn der Verkürzung verflossenen Zeit bedingt sei, sowie dass sie ganz unabhängig ist davon, ob die Spannung während des vorhergehenden Abschnittes der Contraction verändert worden ist oder nicht. Die experimentelle Prüfung dieser Annahme, welche Fick ausführte,<sup>2</sup> ergab jedoch, dass sie nicht begründet ist, sondern dass der zeitliche Verlauf und die Stärke der Kraftentwicklung von dem zu überwindenden Widerstand sowie von der Art und Weise, wie dieser Widerstand während der früheren Abschnitte der Zuckung variirt hat, am nächsten abhängig sein muss.

Fick deutet darauf hin,<sup>3</sup> dass man aus dem Verlauf der Curve, unter Bezugnahme auf den Trägheitsmoment und der Winkelacceleration des zu bewegenden Apparates, die Spannung berechnen konnte. Jedoch sieht er an, dass die Muskelcurve den Process zu wenig genau darstellt, um als Grundlage einer numerischen Berechnung dienen zu können.

<sup>1</sup> Fick, *Mechanische Arbeit*. S. 115—119.

<sup>2</sup> a. a. O. S. 120—130.

<sup>3</sup> a. a. O. S. 118.

Früher hatte Klünder (1869) Versuche in derselben Richtung gemacht.<sup>1</sup> Der Schreibhebel des Muskels zeichnete dessen Verkürzung auf einer Schreibfläche, die an dem einen Bein einer vibrierenden Stimmgabel befestigt war; dadurch wurde bestimmt, wie viel sich der Muskel während einer Anzahl sehr kurzdauernder, gleich grosser Zeitintervallen verkürzte, wodurch die Bewegungsgeschwindigkeit und die Acceleration bestimmt werden konnten. Diese war gleich nach dem Anfange der Bewegung am grössten; das Maximum der Geschwindigkeit wurde später erreicht. Als der Muskel einen leichten hölzernen Schreibhebel bewegte, traf das Maximum der Acceleration etwas früher als 0.01" nach dem Beginn der Zuckung ein; das Geschwindigkeitsmaximum wurde aber etwa um 0.02" nach dem Beginn der Zuckung erreicht. Wenn der Muskel grössere equilibrierte Massen zu bewegen hatte, wurde der Zuckungsverlauf protrahirt: das Maximum der Acceleration stellte sich etwa 0.015", das Maximum der Geschwindigkeit etwas später als 0.03" nach dem Beginn der Zuckung dar. Vor erreichtem Geschwindigkeitsmaximum war die Spannung des Muskels vermehrt, und zwar am höchsten in dem Moment, wo die Acceleration ihr Maximum hatte. Die Analyse der Curve ergab, dass sie zum grössten Theil (und besonders der ganze absteigende Ast) eine durch die Elasticität modificirte Wurfcurve darstellt. Die aus den Messungen der Muskelcurven erhaltenen Werthe waren zu unregelmässig, um einer numerischen Berechnung der Kraft- oder Spannungsschwankungen während der Zuckung zu Grunde gelegt zu werden.

Gad giebt eine kurze Darstellung der Berechnung der Kraftentwicklung, wenn der Muskel unter Vermittlung einer elastischen oder einer starren Zwischenlage eine Belastung hebt.<sup>2</sup>

Im Laboratorium Fick's hat Sogalla<sup>3</sup> den Verlauf der Muskelzuckung untersucht, wenn der Muskel in verschiedenen Abschnitten der Contraction träge, equilibrierte Massen angreift. Die Bewegung der letzteren wurde an und für sich registrirt, während die Bewegung des freien Muskelendes von einem sehr leichten Schreibhebel mit isotonischer Anordnung wiedergegeben wurde. Sogalla fand dabei, dass die Oberfläche dieser isotonischen Curve mit dem Trägheitswiderstand (wenn dieser nicht ganz klein war) zunahm, während die isotonischen Zuckun-

<sup>1</sup> Klünder, Voruntersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung. *Arbeiten aus dem Kieler physiolog. Institut.* 1869. S. 107—130.

<sup>2</sup> Gad, Ueber das Latenzstadium des Muskelementes und des Gesamtmuskels. *Archiv für Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1879. S. 250—268.

<sup>3</sup> Sogalla, Beiträge zur mechanischen Analyse der Muskelcurven. *Inaug.-Diss.* Würzburg 1889.

gen bei gleichzeitiger Hemmung durch träge Massen etwas längere Culmenzeiten bekamen und etwas niedriger wurden, letzteres jedoch in einem um so geringerem Grade, je später der Muskel die trägen Massen angriff. Die grössten Wurfcuren wurden erhalten, wenn der Muskel, nachdem er schon etwa  $\frac{1}{3}$  des aufsteigenden Curvenastes beschrieben hatte, von den trägen Massen beeinflusst wurde. Zuweilen war die isotonische Zuckungcurve bei kleinen, trägen Massen grösser als ohne solche. Die mechanische Arbeit, welche Sogalla als das halbe Product der Trägheitsmomente durch den Quadrat der Winkel-acceleration (welche durch Bestimmung der trigonometrischen Tangente des Winkels, den die Tangente der Wurfcurve in dem Punkte, wo die Wurfbewegung begann, mit der Abscisse bildete, erhalten wurde — also nach derselben Methode, die auch ich benutzt habe) bestimmt, nahm mit steigendem Trägheitsmoment zu, während sich die Geschwindigkeit in dem genannten Punkte verminderte.

Die Analyse derartiger Wurfcuren hat Starke näher durchgeführt für den Fall, dass ausser einer kleineren oder grösseren, directen Belastung träge, equilibrierte Massen mit dem Muskel verbunden gewesen.<sup>1</sup> Für eine Anzahl kurzer, gleichgrosser Zeitintervallen wurden die Differenzen des von dem Schreibhebel an der Registrirtrommel zurückgelegten Weges bestimmt; durch Division dieser Zahlen mit der Differenz der Zeit  $\left(\frac{\Delta S}{\Delta T}\right)$  wurde die Geschwindigkeit der Bewegung ermittelt. Daraus wurde die Acceleration  $\left(\frac{\Delta^2 S}{\Delta T^2}\right)$  hergeleitet. Wenn diese in einer die Momente der in dem betreffenden Zeitabschnitte wirkenden Kräfte darstellenden Formel eingesetzt wurde, so konnte nach den nöthigen Reductionen die Grösse der stattfindenden Muskelkraft berechnet werden. Da die Momente der Schwerkraft und der equilibrierten Massen während der Zuckung unverändert blieben, schwankte also die Muskelkraft — insofern sie aus der Curve hervorging — mit der Acceleration. Unmittelbar vor dem Anfang der Bewegung war diese gleich Null; in dem Punkte (Wendepunkte), wo die Geschwindigkeit ihr Maximum erreicht, um im nächsten Augenblicke wieder abzunehmen — in dem Punkte also, wo der erste, gegen die Abscisse convexe Theil der Curve in den concaven übergeht — war die Acceleration (und also auch die Zunahme der Muskelkraft) wieder gleich Null, und die von dem Muskel in diesem Punkte entwickelte Kraft wieder gleich der Anfangsspannung.

<sup>1</sup> Starke, Arbeitsleistung und Wärmeentwicklung bei der verzögerten Muskelzuckung. *Abhandl. d. math.-physikal. Classe der K. Sächs. Ges. d. Wiss. I.* Leipzig 1890.

Zwischen den Anfangs- und den Wendepunkten der Curve ist die Acceleration positiv und die Kraft des Muskels grösser als die Anfangsspannung. In einem gewissen, ganz nahe dem Anfang der Curve gelegenen Punkte, dessen Lage jedoch geometrisch nicht bestimmt werden konnte, aber analytisch dadurch characterisirt war, dass die dritte Derivate in Bezug auf die Zeit  $\frac{d^3 S}{dt^3}$  gleich Null wurde, war die Muskelkraft am grössten. Darnach nahm sie wieder ab, um in dem Wendepunkte, wie eben erwähnt, der Anfangsspannung gleich zu werden und dann nochmals abzunehmen. In dem von Starke analysirten Falle fingen die trägen Massen nebst dem Schreibhebel eine kurze Zeit, nachdem der Wendepunkt passirt war, an, sich unabhängig von dem Muskel zu bewegen, indem sie sich im übrigen Verlauf der Zuckung schneller als der Muskel bewegten. Nachdem der Muskel also aufgehört hatte, auf das System einzuwirken, ging die aufgeschriebene Curve in die Form einer Parabel über. Der Punkt, wo dies stattgefunden hat, ist dadurch characterisirt, dass dabei die dritte Derivate gleich Null ist.

Ich werde zu den Bestimmungen Starke's über die Lage des Wendepunktes u. s. w. in verschiedenen Fällen später zurückkommen.

## Zweites Capitel.

### Die Versuchsanordnung.

Besonders durch die Untersuchung Starke's war eine Methode gegeben, welche wahrscheinlich auch auf den Fall, den ich ursprünglich zu studiren gesucht habe — directe Belastung des Muskels ohne equilibrirte Massen — verwendet werden konnte. Die Versuche, die ich einigen approximativen Berechnungen über der Kraftentwicklung in diesem Falle zu Grunde gelegt habe, wurden in der folgenden Weise ausgeführt.

Das Präparat bestand, wie gewöhnlich, aus dem curaresirten *M. gastrocnemius*. Als Reiz wurden maximale, durch den Muskel geleitete Oeffnungsinductionsströme benutzt. Der Schreibhebel war sehr leicht, seine Schwere incl. der Achse betrug 2.25 g; die stählerne Achse allein neben einer an derselben befestigten Rolle von 3<sup>mm</sup> Radius wog 1.47 g, der cylindrische, hölzerne Hebelarm 0.55 g, und eine metallene Schreibfeder an der Spitze 0.23 g. Die Länge des Schreibhebels von der Achse bis zu der Spitze betrug 120<sup>mm</sup>, die Entfernung des Angriffspunktes des Muskels von der Achse 23<sup>mm</sup>. Die Muskelzuckungen wurden also 5.217 mal vergrössert. Durch Wägung wurde die von dem Schreibhebel bewirkte Belastung des Muskels zu 2 g ermittelt. Die Achse



des Schreibhebels war horizontal und ihre Zapfen bewegten sich mit möglichst geringer Friction in stählernen Lagern. Die Feder zeichnete winkelrecht gegen die vertical stehende Registrirtrommel. Die Spitze der Feder bestand aus einem, an einem dünnen fischbeinernen Stückchen befestigten Haare; das Fischbein war am unteren Theil einer vertical stehenden Nadel, welche sich um eine horizontale, der Längsrichtung des Schreibhebels rechtwinklige Achse bewegen konnte, befestigt. Um das obere Ende der Nadel, oberhalb der Achse, war ein Kautschukfaden geschlungen, welcher das Haar gegen die Schreibfläche sanft andrückte.<sup>1</sup> In Folge dieser Anordnung wurde der Schreibhebel in einem gewissen, ob auch geringen Grade während der Zuckung verlängert; diese Verlängerung betrug jedoch bei der grössten, hierher gehörigen Zuckung nur 0.6 mm und dürfte also von keiner grösseren Bedeutung gewesen sein.

Gerade unter dem Angriffspunkte des Muskels, also in einer Entfernung von 23 mm von der Achse des Schreibhebels, war eine kleine hölzerne Gewichtsschale angebracht; auf diese wurden verschiedene Gewichte gestellt und zwar in der Weise, dass sie nebst der Schale und dem Schreibhebel die beabsichtigte Belastung am Muskel ausübten. Damit sowohl das Moment der Muskelkraft, wie auch das der Belastung während der ganzen Dauer der Zuckung constant gewesen wären, wäre es nothwendig gewesen, dass sie an der Peripherie einer Rolle von 23 mm Radius ihre Angriffspunkte gehabt hätten. Wäre aber auch nur ein Segment einer solchen Rolle am Schreibhebel befestigt gewesen, so wäre dadurch die zu bewegende Masse beträchtlich vergrössert worden, was ich aber vermeiden wollte. Der in Folge der Veränderung der Momente entstandene Fehler ist jedoch verschwindend klein gewesen, weil der Befestigungspunkt des Muskels ziemlich hoch (etwa 100 mm) über dem Angriffspunkt am Schreibhebel angebracht war.<sup>2</sup> Der Registrirungsapparat war derselbe wie bei meinen früheren Versuchen<sup>3</sup> und die Geschwindigkeit der Trommel eine derartige, dass 1 mm an ihrer Peripherie 0.0035" entsprach.

Nebst den eben erwähnten Veränderungen der Momente der Muskelkraft und der Belastung bin ich gezwungen gewesen, noch ein Paar Factoren unberücksichtigt zu lassen, obgleich sie möglicher-

<sup>1</sup> Der betreffende Apparat ist abgebildet bei Tigerstedt, Untersuchung über die Latenzdauer der Muskelzuckung. *Archiv für Anat. u. Physiol.* Physiol. Abtheil. 1885. Taf. VI.

<sup>2</sup> Einer von mir ausgeführten Berechnung gemäss betrug bei einer gewöhnlichen Zuckung von 2 mm die Abnahme des Hebelarmes der Belastung weniger wie 0.1 mm, d. h. 0.0043 von dessen ursprünglicher Länge; die Abnahme des Hebelarmes des Muskels war nur wenig grösser.

<sup>3</sup> Siehe dieses *Archiv*, Bd. I.

weise eine noch grössere Rolle gespielt haben, bzw. die Friction und den Widerstand der Luft. Die Friction hat sich geltend gemacht sowohl an dem Zapfen des Schreibhebels, wie an der Schreib-

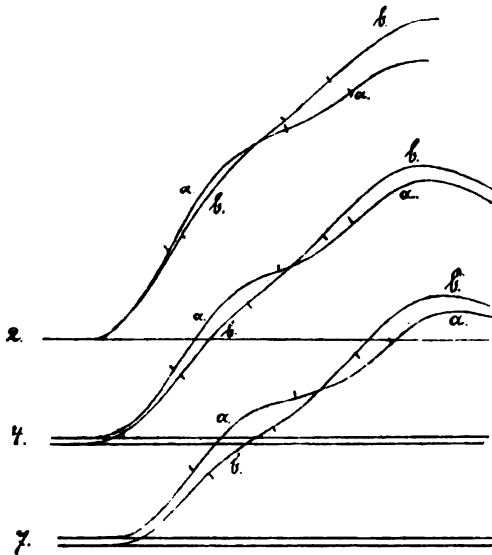


Fig. 1.

Isotonische (a) u. „einfache Wurfbewegungen“ (b). Die Originalcurven 3-5 (Nr. 7: 3-7) mal vergrößert; vgl. Tab. I. u. III. Die kleinen Striche geben die approximative Lage der Wendepunkte an.

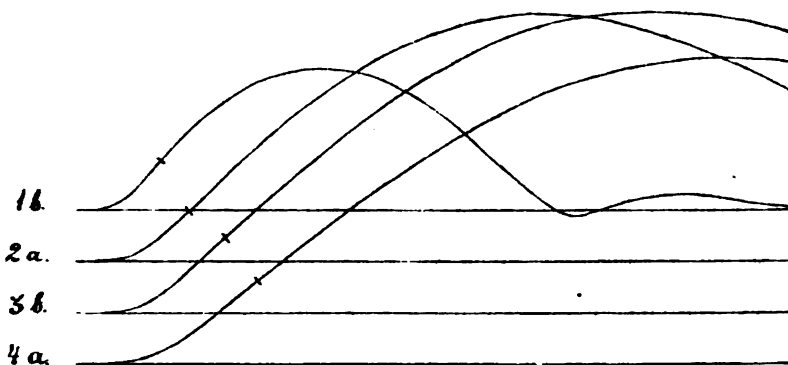


Fig. 2.

Nr. 1 b. Zuckung mit dem Hebel allein, Nr. 2-4 mit trägen, equilibrirten Massen. Vgl. Tab. VII. Die kleinen Striche geben die Wendepunkte approximativ an.

spitze, wenn sie gegen die Trommel schrieb. Die letztere war mit dünn berusstem Glacépapier überzogen; die Schreibspitze war, wie bereits erwähnt, von einem ganz leicht gegen die Schreibfläche gedrückten Haare hergestellt. Hier dürfte also der Widerstand minimal gewesen sein, wie er wahrscheinlich auch in der Achse gewesen ist, obgleich die Geschwindigkeit der Bewegung und ihr zuckender Charakter wohl geeignet gewesen sind, diese Fehlerquelle zu vergrössern. Der Luftwiderstand machte sich hauptsächlich an der Gewichtschale geltend; diese war nämlich der einzige Theil des Apparates, der eine grössere Oberfläche darbot. Da sie jedoch bei den grössten Zuckungen eine Excursion von nur 2<sup>mm</sup> oder wenig mehr ausführte, dürfte der Fehler nicht sehr gross gewesen sein.

Um an der Muskelcurve die Constructionen, welche für die Berechnung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraftentwicklung nöthig gewesen, ausführen zu können, war es nothwendig, dieselbe photographisch zu vergrössern. Bei dem Photographiren hat mich Herr Dr. J. Rissler mit seinem erfahrenen Rathe freundlichst unterstützt. An den negativen Glasplatten, auf welchen die Curven als feine, scharfe, dunkle Linien erhalten wurden, wurden die Messungen direct ausgeführt. Figg. 1 und 2 stellen einige dieser Myogramme, wie sie sich nach dem Photographiren zeigten, dar. Da nur der aufsteigende Theil der Curve bis zum erreichten Maximum für mich von Interesse war, habe ich, um eine stärkere Vergrösserung zu erhalten, nur diesen Theil in den Photographien mitgenommen.

### Drittes Capitel.

#### Die Form der Muskelsuckungen.

Bevor ich weiter gehe, muss ich einer Einwendung begegnen, die wahrscheinlich dagegen gemacht wird, Curven des Aussehens, wie die Figur 1 zeigt, als Grundlage für die Berechnung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraftentwicklung des Muskels bei der Zuckung zu benutzen. Sämmtliche Curven zeigen nämlich an ihrem aufsteigenden Ast eine Einbiegung, einen Knick, welcher als von einem Versuchsfehler, von Eigenschwingungen der Feder u. s. w. bedingt früher allgemein aufgefasst worden ist.

Unter den von Helmholtz mitgetheilten Myogrammen findet sich ein den meinigen sehr ähnliches.<sup>1</sup> Die Wellen, welche nach dem Ende der Zuckung von dem Schreibhebel gezeichnet worden sind, fasst

<sup>1</sup> Helmholtz, *Wissenschaftl. Abhandl.* Bd. II. Taf. 5. Fig. 3.

Helmholtz als Eigenschwingungen des Hebels auf; in Bezug auf die Einbiegung am aufsteigenden Ast der Curve verneint er nicht, dass sie desselben Ursprunges sein konnte, bemerkt aber, dass dieselbe keine solche Regelmässigkeit wie die Nachschwingungen zeigt.<sup>1</sup> Wenn die Friction in der Achse des Schreibhebels etwas vermehrt wurde, so nahmen diese Wellen an der Curve ab. In Bezug auf das erwähnte Myogramm von Helmholtz sagt Hermann,<sup>2</sup> dass die Wellen ohne Zweifel von den Eigenschwingungen des massenhaften Schreibhebels herrühren. Marey<sup>3</sup> schliesst sich derselben Ansicht an und hat durch Variationen der Belastung oder der Länge des Hebels Variationen der Zahl und der Grösse der Wellen bei einem und demselben Muskel hervorgerufen. Mehrere unter den von Marey mitgetheilten Myogrammen (z. B. Figg. 104, 106 und 109) zeigen an dem aufsteigenden Aste eine deutliche Inflection, ohne jede Spur anderer Eigenschwingungen.

Bei seinen Messungen des zeitlichen Verlaufes der Muskelzuckung hat Klünder<sup>4</sup> während des Stadiums der Verkürzung eine Abnahme der Geschwindigkeit, welche von einer neuen Zunahme gefolgt wurde, mehrmals beobachtet. Betreffend der Auffassung dieser wellenförmigen Bewegung weist er auf Helmholtz hin. Dasselbe macht auch Funke.<sup>5</sup>

Bei auxotonischen Zuckungen beobachteten Kronecker u. Stanley Hall eine Inflection an den Curven, welche sie durch elastische Schwingungen der plötzlich gespannten Feder erklären wollten.<sup>6</sup>

Bei Ermüdung des Muskels, bei Abkühlung, bei Anwendung einer sehr starken Reizung oder einer sehr grossen Belastung begegneten Yeo und Cash<sup>7</sup> an den Myogrammen zwei Culmina; sie deuteten das erste als eine „klonische“, das zweite als eine „tonische“ Contraction des Muskels, jedoch ohne näher zu begründen, wie nach einer einzelnen Reizung diese beiden Facen der Thätigkeit zu Stande kommen könnten. Ob das erste von den Verfassern erwähnte Culmen die von mir spe-

<sup>1</sup> a. a. O. S. 769.

<sup>2</sup> Hermann, *Handbuch der Physiol.* I. 1879. S. 34.

<sup>3</sup> Marey, *Le mouvement dans les fonctions de la vie.* 1868. S. 330 u. fg.

<sup>4</sup> a. a. O. S. 126.

<sup>5</sup> Funke, Ueber den Einfluss der Ermüdung auf den zeitlichen Verlauf der Muskelthätigkeit. *Archiv für die ges. Physiologie.* 8. 1874. S. 235. Vgl. auch Taf. III. Fig. 12, 14, 15, 16\*.

<sup>6</sup> Kronecker u. Stanley Hall. Die willkürliche Muskelaction. *Archiv für Anatomie u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1879. S. 11–47.

<sup>7</sup> Yeo and Cash, On the relations between the active phases of contraction and the latent period of skeletal muscle. *Journal of Physiology.* 4. 1883. S. 198–221.

ciell hervorgehobene Elevation darstellt, wage ich nicht zu entscheiden, jedoch scheint die oberste Curve der Fig. 2 dafür zu sprechen.<sup>1</sup>

Später hat der Knick der Curve eine ganz andere Deutung und dadurch ein viel grösseres Interesse erhalten. Durch die Untersuchungen von Ranvier, Kronecker und Stirling, Grützner und Tigerstedt sind sowohl die anatomischen wie die physiologischen Eigenschaften der beiden verschiedenen Gattungen der quergestreiften Muskelfasern, der rothen und der blassen, näher aufgeklärt worden. Besonders Grützner<sup>2</sup> hat hervorgehoben, dass die Discontinuität der Muskelzuckung, welche die Folge der schnelleren Contraction der blassen und der langsameren, aber intensiveren Contraction der rothen Muskelfasern, die wahrscheinlichen Ursachen der betreffenden Inflection darstellt, sowie dass diese in vielen Fällen nicht hervortritt, weil die schnelle Contraction der blassen Fasern dem Schreibhebel und der Belastung eine solche Beschleunigung gegeben hat, dass die rothen Fasern keine Gelegenheit finden, sich am Myogramm besonders kenntlich zu machen.

Das fast constante Vorkommen der Inflection bei den auxotonischen Zuckungen, wo der Wurf ausgeschlossen ist und die Curve die Form der Muskelbewegung wie sie sich bei dieser Anordnung gestaltet genauer darstellt, ist von Tigerstedt hervorgehoben.<sup>3</sup> Durch Messungen der Höhe der ersten Elevation und der Gesamtzuckung hat er ferner nachgewiesen, dass die grössere Hubhöhe bei zunehmender Initialspannung wesentlich von der Zunahme der Höhe des zweiten Theils der Zuckung, der sog. secundären Elevation (oder — nach seinem Dafürhalten — die Curve der rothen Muskelfasern) bedingt ist. Bei mehreren meiner auxotonischen Versuche, unter welchen ich den Knick an den Curven fast constant beobachtete, habe ich ähnliche Messungen vorgenommen, und gefunden, dass, wie auch die absolute Grösse der beiden Elevationen variiren mag, im allgemeinen das Verhältniss zwischen der Höhe der ersten und der zweiten Elevation bei zunehmender Belastung bis zu 300<sup>g</sup> stetig abnimmt (vgl. die Beispiele im Anhang). Das deutliche Hervortreten der Elevation bei auxotonischer Anordnung und ihr eben erwähntes Verhalten bei zunehmender Initialspannung scheinen in hohem Grade dafür zu sprechen, dass der Knick an der Curve eben von der Art und Weise, in welcher sich der Muskel bei der Zuckung bewegt, bedingt ist.

<sup>1</sup> a. a. O. S. 201.

<sup>2</sup> Grützner, Zur Anatomie und Physiologie des quergestreiften Muskels. *Revue zoologique Suisse* I. 4. 1884.

<sup>3</sup> Tigerstedt, *Archiv für Anatomie u. Physiologie*. Physiol. Abth. 1885. Suppl.-Bd. S. 239—243.

Diese Auffassung wird durch die in Fig. 1 mitgetheilten Curven gestützt. Die mit *a* bezeichneten Curven sind bei möglichst isotonischer Anordnung erhalten (vgl. später), bei den Curven *b* dagegen hing das Gewicht gerade unter dem Angriffspunkt des Muskels. Es ist von selbst klar, dass die Möglichkeit von Eigenschwingungen im letzten Falle eine viel grössere war. Dennoch zeigen die isotonischen Curven sämmtlich die Inflection viel ausgeprägter als die Wurfcuren.

Diese Thatsachen haben mich davon überzeugt, dass die Inflection von der Art und Weise, wie sich der Muskel bewegt, bedingt ist, dass sie also bei meinen Versuchen kein Kunstproduct gewesen. Ich glaube daher, dass diese Curven genaueren Berechnungen zu Grunde gelegt werden können, und dies um so mehr, als ich in der Inflection und in der nachfolgenden Geschwindigkeitszunahme einen Beweis dafür sehe, dass auch der spätere Verlauf, und nicht allein der erste gegen die Abscisse convexe Theil der Curve die Form der Muskelbewegung treu wiedergegeben hat.

---

#### Viertes Capitel.

##### **Die Art der Berechnung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraftentwicklung bei der Muskelsuckung.**

Um die Geschwindigkeit der Muskelbewegung bei den von mir studirten Muskelzuckungen zu bestimmen, habe ich, nach dem Vorschlage der Herren Dr. K. Ångström, Docent der Physik an der Stockholmer Hochschule, und Dr. I. Bendixson in folgender Weise verfahren.

An den Punkten der Muskelcurve, in welchen die Geschwindigkeit bestimmt werden sollte, wurden Tangenten gezogen, und der Winkel  $\alpha$ , welchen sie mit der Abscisse bildeten, gemessen. Tangente  $\alpha$  war dann der gesuchten Geschwindigkeit im betreffenden Punkte proportional.

Um die Tangenten der Curve zu ziehen, wurde die photographische Platte an ein in qmm eingetheiltes Papier in der Weise placirt, dass die Abscisse der zu untersuchenden Curve mit einer horizontalen Linie, und der Punkt, wo sich die Curve von der Abscisse ablöste, mit einer verticalen zusammenfiel. Entsprechend je 2.5 mm an der Abscisse wurde in die Gelatinehaut der Platte an der Curve ein Zeichen mit einer spitzen Nadel (unter Lupenvergrösserung) gemacht. Darnach wurde die Richtung der Tangenten dieser Punkte bestimmt und zwar in folgender Weise. Ein Gradbogen wurde mit seinem 90° entsprechenden Punkte an den Punkt der Curve, dessen Tangente gesucht wurde, —

wenn nöthig, unter Lupenvergrößerung — so angelegt, dass ihre Krümmung entweder mit der Curve zusammenfiel oder auch an beiden Seiten von dem betreffenden Punkte ebensoviel von der Richtung der Curve abwich; hierbei verlief der  $90^\circ$  entsprechende Strich an der Gradscheibe rechtwinklig gegen die gesuchte Tangente. Dann wurde längs dem unteren Rand der Gradscheibe eine feine Linie an dem carrirten Papier an der Seite der Platte gezogen.<sup>1</sup> Endlich wurde mittels des Gradbogens der Winkel ( $\alpha$ ) bestimmt, welchen die Tangente des betreffenden Punktes mit der Abscisse bildete.

Diese Verfahrensweise erscheint beim ersten Anblicke sehr wenig exact. Die Constanz, mit welcher bei wiederholten Bestimmungen derselbe Werth sich wieder darstellt, ist aber ganz merkwürdig. Bei den meisten Fällen war die Differenz kleiner als  $1^\circ$  und nicht selten wurde wiederholt genau derselbe Werth erhalten. Wo die Differenz grösser war, wurde die Bestimmung mehrmals wiederholt, bis übereinstimmende Werthe erhalten wurden.

Weil bei der photographischen Vergrößerung der Curve sowohl die Abscisse wie die Ordinaten gleich viel vergrößert worden sind, wurden für die originalen, ebenso für die photographisch vergrößerten Myogramme die gefundenen Winkel und Tangente  $\alpha$  gleich gross. Die Geschwindigkeit der Federspitze in einem gegebenen Punkte war also an dem Originalmyogramm gleich Tangente  $\alpha$ , wenn  $1^{\text{mm}}$  Abscisse des Originalmyogramms als Zeiteinheit benutzt wurde. Wenn nun Tangente  $\alpha$  durch die  $1^{\text{mm}}$  entsprechende Zeit  $a$  in Secunden dividirt wurde, so wurde die Geschwindigkeit in  $1''$  in dem betreffenden Punkt der Curve erhalten. Daraus wurde dann die Geschwindigkeit des Angriffspunktes des Muskels am Schreibhebel berechnet.

Wenn also der Winkel, welchen die Tangente der Curve in einem gegebenen Punkte mit der Abscisse bildet, mit  $\alpha$ ,  $1^{\text{mm}}$  der Abscisse des originalen Myogramms in Secunden ausgedrückt mit  $a$ , die Länge des Schreibhebels mit  $L$  und die Entfernung des Angriffspunktes des Muskels von der Achse mit  $R$  bezeichnet werden, so wird die Geschwindigkeit  $v$ , des Angriffspunktes des Muskels (und also in den meisten Fällen auch diejenige des freien Muskelendes)

$$v = \frac{\text{tg } \alpha}{a} \cdot \frac{R}{L} \quad (1)$$

<sup>1</sup> Einfacher wäre es ein Lineal als Tangente der Curve anzulegen. Wenn aber dasselbe in der Weise angelegt wurde, dass dessen Rand durch den zu untersuchenden Punkt ging, so wurde in der Regel auch der nächste Theil der Curve verdeckt; hierdurch erschien mir die Einstellung schwieriger zu sein, als mit dem Gradbogen, dessen Krümmung es in der Regel erlaubte, den ganzen Verlauf der Curve zu überschauen.

oder im vorliegenden Falle numerisch:

$$v = \frac{23 \operatorname{tg} \alpha}{120 \cdot 0.0035''}$$

Um ferner die Kraftentwicklung zu berechnen, ist es nothwendig die Acceleration zu kennen. Zu diesem Zwecke ging ich in einer analogen Weise zu Wege, wie bei der Bestimmung der Geschwindigkeit. Auf carrirtes Papier construirte ich die Geschwindigkeitscurve und zog an derselben Tangenten in denjenigen Punkten, für welche die Geschwindigkeit bestimmt worden war. Darnach wurden die Winkel  $\mu$ , welche diese Tangenten mit der Abscisse machten, gemessen. Tangente  $\mu$  stellte dann den Ausdruck der Acceleration  $\frac{dv}{dt}$  dar.

Die Abscisse der Geschwindigkeitscurve würde durch Abstechen der in mm ausgedrückten Zeitdifferenzen  $\Delta t$  an der Abscisse des Originalmyogrammes bestimmt worden sein; als die entsprechenden Ordinaten hätten die oben gefundenen Werthe der Tangente  $\alpha$  für die Punkte, wo die Geschwindigkeit bestimmt worden, benutzt werden sollen. Bei der Construction wurden indessen die genannten Werthe in der Weise vergrößert, dass  $k \left( = \frac{6 \times 3.5}{2.5} \right) \text{mm}$  der Abscisse der Geschwindigkeitscurve einem mm derjenigen des Originalmyogrammes entsprachen, während die Ordinaten,  $\operatorname{tg} \alpha$ ,  $l$  ( $= 29.7$ ) mal vergrößert wurden.<sup>1</sup>

Hierdurch wurde

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{l}{k} \cdot \frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dt}$$

und also

$$\frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dt} = \frac{k}{l} \times \operatorname{tg} \mu$$

wenn die Zeit an der Abscisse des Originalmyogrammes in mm gemessen wird.

Wenn die Zeit in Secunden angegeben werden soll, so wird

$$\frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dt} = \frac{k}{l} \cdot \frac{\operatorname{tg} \mu}{u}$$

<sup>1</sup> Die Reductionsconstante  $k$  ist dadurch entstanden, dass die gemessenen Abstände  $2.5 \text{ mm}$  der Abscisse der photographischen Platte als  $6 \text{ mm}$  an der Abscisse der Geschwindigkeitscurve abgestochen worden sind, während die Abscisse der Photographie ihrerseits die Abstände der Abscisse des Originalmyogrammes  $3.5$  mal vergrößert darstellt (vgl. S. 145, der Text der Fig. 1),  $k$  wurde also  $= \frac{6 \times 3.5}{2.5} \text{ mm}$ . In Bezug auf die Ordinaten, wurde eine Vergrößerung von  $1:30$  beabsichtigt, da aber das carrirte Papier fehlerhaft war, wurde statt dessen eine  $29.7$  malige Vergrößerung erhalten;  $l$  ist also  $29.7$ .



Nun ist aber

$$v = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{a} \cdot \frac{R}{L}.$$

Also wird die Acceleration des Angriffspunktes des Muskels

$$\frac{dv}{dt} = \frac{R}{L} \cdot \frac{k}{l} \cdot \frac{\operatorname{tg} \mu}{a^2}$$

und die Winkelacceleration der Feder

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{L} \cdot \frac{k}{l} \cdot \frac{\operatorname{tg} \mu}{a^2}$$

oder für den vorliegenden Fall numerisch ausgedrückt

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{6 \times 3.5 \times \operatorname{tg} \mu}{29.7 \times 2.5 \times 120 \times (0.0035'')^2}.$$

Als Ausdruck der Grösse der im vorliegenden Falle thätigen Kräfte erhalten wir nach mechanischen Gesetzen die Summe der Momente der Kräfte (wobei das Moment der in der einen Richtung wirkenden Muskelkraft positiv, dasjenige der in entgegengesetzter Richtung wirkenden Schwerkraft negativ genommen wird) gleich dem mit der Winkelacceleration multiplicirten Trägheitsmoment der bewegten Massen. Wenn  $Q$  die zu findende Muskelkraft, und wie oben  $R$  deren Hebelarm darstellt,  $p$  die Grösse der Schwerkraft, welche der gesammten Belastung (incl. der Schreibhebel und der Gewichtsschale) gleich ist;  $R$  der Hebelarm der Belastung, welcher hier mit demjenigen der Muskelkraft übereinstimmt;  $m R^2$  (wo  $m$  die Masse des Gewichtes und der Gewichtsschale darstellt) das Trägheitsmoment der Belastung,  $T$  das Trägheitsmoment des Schreibhebels und  $\frac{d\omega}{dt}$  die Winkelacceleration darstellt, so wird die Formel

$$Q R - p R = (T + m R^2) \frac{d\omega}{dt}. \quad (2)$$

In  $T$  nehmen mehrere Factoren Theil, und zwar die Achse und die metallene Einfassung am Centrum, dessen Trägheitsmomente jedoch ohne einen merkbaren Fehler vernachlässigt werden können, ferner der cylindrische Schreibhebel selbst und endlich die kleine Schreibfeder am Ende des Hebels. Wenn die Masse des Schreibhebels  $M$ , dessen Radius  $\rho$  und dessen Länge  $L$  ist, so ist sein Trägheitsmoment

$$M \left[ \frac{\rho^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right].$$

Wenn aber  $\rho$  sehr klein ist, kann  $\frac{\rho^2}{4}$  ohne Fehler vernachlässigt werden; das Trägheitsmoment wird also

$$M \frac{L^2}{3}.$$

Das Trägheitsmoment der Schreibfeder ist

$$M_1 L^2.$$

wo  $M_1$  die Masse der Feder ist.

Numerisch ausgedrückt ist das Trägheitsmoment des Schreibhebels

$$\frac{0.55 \times (120)^2}{9820 \times 3} = 0.269$$

und dasjenige der Schreibfeder

$$\frac{0.23 \times (120)^2}{9820} = 0.3373.$$

Für den Fall, dass am Angriffspunkte des Muskels am Hebel ein Gewicht, welches nebst der Schale den Muskel mit  $13^*$  belastet hat, stellt sich die Formel nach Einsetzen der numerischen Werthe sämtlicher bekannten Quantitäten folgendermassen dar

$$23Q - (13 + 2)23 = \left[ 0.269 + 0.3373 + \frac{13 \times 23^2}{9820} \right] \times \frac{6 \times 8.5 \times \text{tg} \mu}{2.5 \times 29.7 \times 120 \times (0.0035)^2}.$$

Wenn die für die verschiedenen Punkte der Curve gefundenen Werthe der  $\text{tg} \mu$  in die Formel eingesetzt werden, so wird für die betreffenden Punkte die Muskelkraft  $Q$ , in g ausgedrückt, sowie sie aus der Curve hervorgeht, erhalten. Und wie oben bemerkt stellt diese Curve einen genauen Ausdruck der Bewegung und der Kraftentwicklung des Muskels dar, so lange die Bewegung mit zunehmender Geschwindigkeit stattfindet.

Aber auch die übrigen Theile der Curve sind von der Muskelkraft beeinflusst gewesen. Denn, wie unten nachgewiesen werden wird, ist bei keinem der analysirten Punkte  $Q = 0$  geworden (wenn wir von dem Verhalten im späteren Abschnitte der Zuckungen mit equilibrirten Massen absehen); auf Grund dessen sehe ich mich berechtigt zu folgern, dass die Muskelkraft die ganze Zeit hindurch eingewirkt hat, und dass die Curve während ihres ganzen Verlaufes bis zum Culmen den Gang der Kraftentwicklung des Muskels mit genügender Exactheit wiedergibt.

Unmittelbar vor dem Beginn einer Zuckung ist die Spannung des Muskels gleich der Schwere der Belastung in g. Während der Latenzdauer fängt die Spannung an zu wachsen; wenn aber der Muskel in seiner Contraction nicht verhindert ist, braucht die Spannung nur soviel zuzunehmen, dass die wahrscheinlich ganz unbedeutende Ruhetriction des Systemes nebst noch einem Minimum von Friction überwunden wird: die Zuckung beginnt. Selbstverständlich kann diese erste Spannungszunahme aus der Curve nicht berechnet werden, sie dürfte aber jedenfalls eine ganz geringe sein. Dann folgt ein Stadium,

wo die Curve convex gegen die Abscisse verläuft; die Geschwindigkeit nimmt dabei zu, bis sie ihr erstes Maximum in dem sogen. Wendepunkt erreicht. Während dieses Stadiums ist  $\tan \mu > 0$ , das rechte Membrum der Aequation (2) positiv, die Muskelkraft grösser als die Schwerkraft, die Spannung vermehrt. Die grösste Steigerung findet, wie gleich nachgewiesen werden soll, unmittelbar beim Beginn der Bewegung in dem ersten oder dem zweiten der untersuchten Punkte statt. Die Acceleration und also auch die Kraft oder die Spannung ist bis dahin zunehmend. Nachdem der Wendepunkt passirt ist, nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung ab,  $\tan \mu$  wird negativ,<sup>1</sup> die Muskelkraft ist kleiner als die Schwerkraft, die Spannung des Muskels kleiner als die Anfangsspannung. Später folgt in den von mir untersuchten Curven eine neue Geschwindigkeitszunahme, eine neue Kraftentwicklung beim Muskel, welche ihrerseits wieder von einer endlichen Abnahme beider bis zum Culmen gefolgt wird.

Der Werth der Muskelkraft,  $Q$ , den die eben angeführte Berechnung giebt, ist selbstverständlich nicht als das Mass der totalen Kraftentwicklung aufzufassen, da ja ein Theil der ausgelösten Kraft direct oder indirect (nach Ueberwindung eines inneren Widerstandes) ohne irgend eine äussere mechanische Wirkung zu zeigen, in Wärme übergeht. Was ich zu bestimmen versucht habe, ist der Verlauf und die Grösse der Kraftentwicklung des Muskels, insofern sie sich durch Ueberwindung des Widerstandes der Schwere, sowie durch Ertheilen einer gewissen Geschwindigkeit der mit dem freien Muskelende verbundenen Massen darstellt. Eine weitere mechanische Leistung, bezw. die Ueberwindung der Friction und des Widerstandes der Luft, hat dagegen, wie schon erwähnt, bei meinem Verfahren nicht bestimmt werden können. Die unten mitzutheilenden Werthe der Muskelkraft sind also nur als untere Grenzwerte der thatsächlichen mechanischen Kraft aufzufassen, obgleich die erwähnten Fehlerquellen wahrscheinlich keine grosse Abweichung von den richtigen Werthen bedingt haben (vgl. S. 145 u. folg.).

Gelegentlich (und ohne dadurch den betreffenden Fehler meiner mechanischen Kraftwerthe herabsetzen zu wollen) will ich bemerken, dass ich, wenn Friction und Luftwiderstand ganz ausgeschlossen worden wären, wahrscheinlich keine grössere, sondern im Gegentheil kleinere Kraft-

<sup>1</sup> Dies wird an der Geschwindigkeitscurve dadurch zum Ausdruck gebracht, dass diese sich der Abscisse wieder nähert. Die Winkel, welche die Tangenten der Curve mit der Abscisse hier machen, wenden ihre Oeffnung nach einer andern Richtung, als die Tangente des aufsteigenden Astes der Curve, und haben also ein entgegengesetztes Vorzeichen erhalten.

werthe gefunden hätte, da nämlich die genannten Factoren ohne Zweifel die Kraftentwicklung des Muskels begünstigt haben. In dieser Hinsicht ist ein bekannter Versuch von Fick von Interesse: er liess einen Muskel entweder den Schreibhebel allein, oder diesen nebst einem daran placirten Papierblatt, welches den Luftwiderstand vermehrte, heben; im letzteren Falle wurde die Zuckung höher.<sup>1</sup>

Um die Wirkung, die ich studiren wollte, hervorzubringen, sind indessen zwei Factoren thätig gewesen: der Muskel ist von einem Gewicht gespannt, seine Elasticität also schon bei Ruhe in Anspruch genommen. Wird der Muskel gereizt, kommt die Contractionskraft, die Wirkung des vitalen Processes, hinzu und unterstützt die Tendenz zur Verkürzung, welche der gespannte Muskel wegen seiner Elasticität schon besitzt. Und noch mehr: die Contractionskraft bringt wahrscheinlich im frühesten Stadium der Zuckung die elastische Kraft des Muskels in eine noch stärkere Thätigkeit; wenn nämlich, was höchst annehmbar erscheint, ein Theil des Muskels, bevor er in seiner Gesamtheit in Thätigkeit getreten ist, begonnen hat, sich activ zu verkürzen, wird der noch ruhende Theil immer mehr gespannt, seine Elasticität in einem noch höheren Grade in Anspruch genommen. Schon diese verwickelten Verhältnisse bedingen, dass die Wirkung der Muskelelasticität sich von derjenigen der Contractionskraft nur schwierig unterscheiden lässt. Ausserdem ist die Elasticität des arbeitenden, sich contrahirenden Muskels ein variabler, bei verschiedenen Verhältnissen seiner Grösse nach nicht genügend bekannter Factor, und die Wirkung ist daher noch schwieriger zu berechnen.

Der hier zu bestimmende Werth der Muskelkraft ist das Resultat dieser beiden Factoren. Aus der Aequation (2) geht hervor, besonders wenn sie in der folgenden Weise transformirt wird:

$$Q = p + \left( \frac{T + mR^2}{R} \right) \cdot \frac{d\omega}{dt},$$

dass die Muskelkraft die Summe eines constanten Factors, der Belastung ( $p$ ) und eines variablen, der Spannungsschwankung gleich ist. Vor dem Beginn der Zuckung ist der letztere gleich 0 und  $Q$  gleich  $p$ ; dabei ist nur die elastische Kraft des Muskels, in gewöhnlicher Meinung, thätig. Später aber während der Zuckung wird ohne Zweifel die Grösse der Wirkung der elastischen Kraft verändert und zu derselben Zeit kommt ein gewisses Quantum Contractionskraft hinzu; wie sich aber diese beiden Kräfte bei den einzelnen Momenten der Zuckung zu einander verhalten, lässt sich wegen der oben erwähnten Umstände nicht

<sup>1</sup> Fick, *Untersuchungen über Muskelarbeit*. Basel 1867. S. 59.

näher präcisiren. Es ist aber nicht gerade unwahrscheinlich, dass die elastische Kraft im Anfange der Contraction etwas mehr in Anspruch genommen wird, als wenn der ruhende Muskel gespannt ist. Jedenfalls sinkt im späteren Verlauf der Zuckung diese Kraft, insofern sie die äussere mechanische Wirkung der Zuckung beeinflusst hat, unterhalb ihres Werthes beim ruhenden Muskel, wenn nämlich

$$\left( \frac{T + mR^2}{R} \right) \frac{d\omega}{dt}$$

negativ wird und  $Q < p$ . Ich bemerke dies, um hervorzuheben, dass ich die Quantität  $p$  gar nicht als einen Ausdruck der Grösse der Muskelelasticität und der zweiten Term des rechten Membrums als Mass der Contractionskraft auffasse.

Im Verlaufe dieser Ueberlegungen habe ich die Bezeichnungen Muskelkraft und Spannung als synonym unter einander gebraucht und in der Bedeutung, wie ich die Muskelkraft hier aufgefasst habe, ist dies, meiner Meinung nach, berechtigt. Wenn nämlich in einem bestimmten Augenblick während der Contraction sowohl die Bewegung als die weitere Kraftentwicklung des Muskels vollständig unterbrochen werden, der Schreibhebel festgestellt und zwischen ihm und dem freien Muskelende ein idealer Spannungsmesser, welcher ohne den Muskel zu entlasten seine Ausschläge gäbe, befestigt werden konnte, so würde aller Wahrscheinlichkeit nach dieser Ausschlag der für denselben Augenblick berechneten Muskelkraft gleich gross sein.

---

#### Fünftes Capitel.

##### **Die Bewegungsgeschwindigkeit und die Kraftentwicklung bei Muskelzuckungen mit directer Belastung („Wurfzuckungen“ ohne equilibrirte Massen.)**

Ich gehe jetzt dazu, drei nach den in dem letzten Capitel entwickelten Formeln analysirte Curven mit verschiedener Belastung mitzutheilen. Ich bemerke nochmals, dass die betreffenden Werthe der Bewegungsgeschwindigkeit und, in einem noch höheren Grade, diejenigen der Muskelkraft nur als approximative aufzufassen sind.

In den folgenden Tabellen bezeichnen:  $T$  die den untersuchten Punkten entsprechenden Zeiten, von dem Beginn der Bewegung an gerechnet;  $\operatorname{tg} \alpha$  die trigonometrischen Tangenten der Winkel, welche die Tangenten der betreffenden Punkte der Muskelcurve mit ihrer Abscisse bilden;  $v$  die Geschwindigkeit des Angriffspunktes des

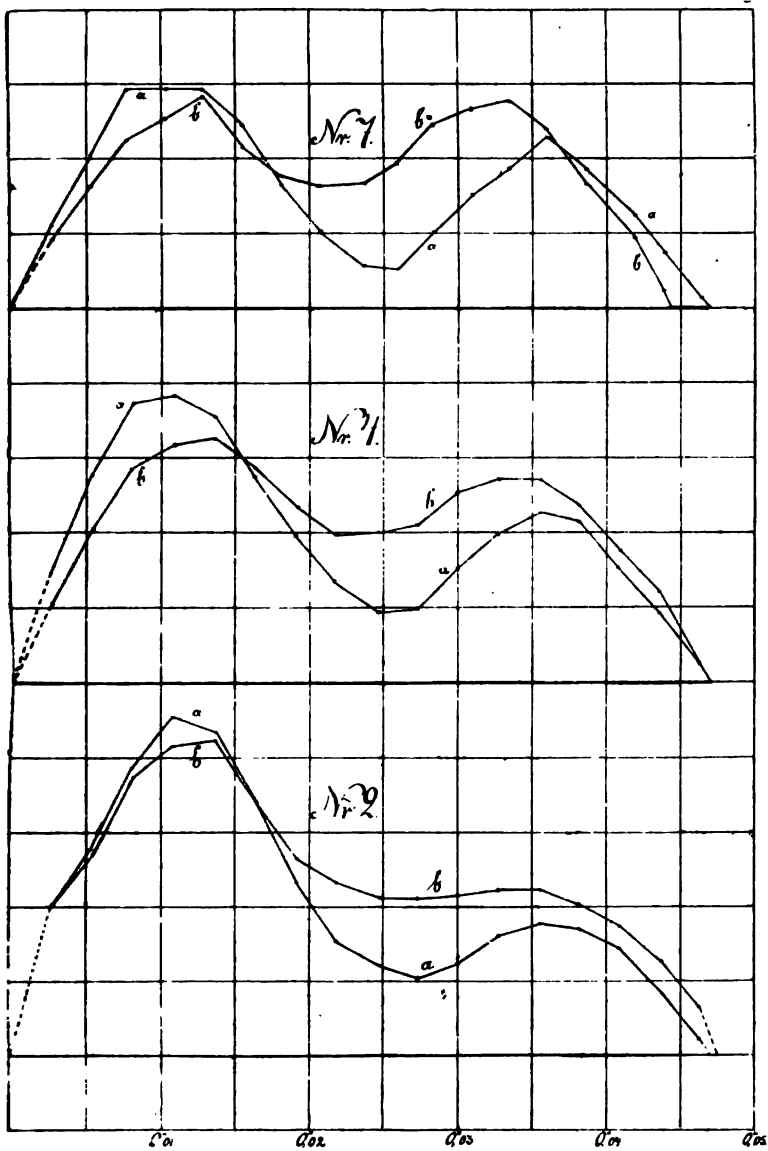


Fig. 3.

Geschwindigkeitscurven, den Verlauf der Schwankungen der Geschwindigkeit bei einigen isotonischen (a) und „einfachen Wurfbewegungen“ (b) angehend. (Vgl. Tabelle I und III). Die Entfernungen an der Abscisse geben die Zeit in 0.01'' an, die Ordinaten geben die Geschwindigkeiten in mm in 1'' an. (In den Ordinaten bezeichnet jeder Theilstrich 21.8<sup>mm</sup>, je 4 Theilstriche also 87.2<sup>mm</sup> u. s. w.)

Muskels am Schreibhebel in den betreffenden Punkten (mm in 1 Sec.);  
 $A$  die Acceleration des Angriffspunktes des Muskels  $\left(\frac{k}{l} \cdot \frac{R}{L} \cdot \frac{\operatorname{tg} \mu}{\alpha^2}\right)$  in

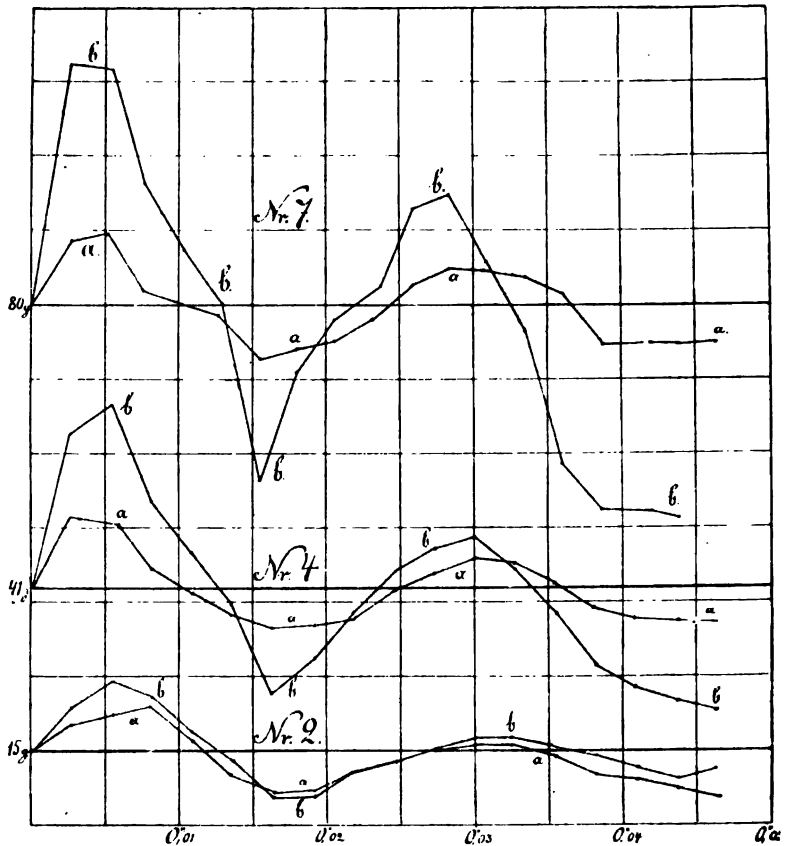


Fig. 4.

Spannungscurven, den Verlauf der Schwankungen der Spannung in den verschiedenen Zeitabschnitten einiger isotonischen ( $a$ ) und „einfachen Wurfbewegungen“ ( $b$ ) angehend. (Vgl. Tabelle I und III.) Die Entfernungen an der Abscisse geben die Zeit in 0.01" an. 1 mm der Ordinaten bezeichnet eine Spannungsschwankung von 2.2°, 1 grosser Theilstrich der Figur also 22°. Die mit 15, 41 und 80° bezeichneten Linien geben die Initialspannungen an.

(Durch ein Versehen sind die Buchstaben  $b$  und  $a$  an der Curve Nr. 2 rechts verwechselt worden.)

Meter in 1";  $\operatorname{tg} \mu$  die trigonometrischen Tangenten der Winkel, welche die Tangenten der Geschwindigkeitscurve in den betreffenden Punkten mit der Abscisse der genannten Curve bilden;  $P$  der Zuschuss

der Kraft in denselben Punkten =  $\left(T + \frac{mR^2}{R}\right) \frac{d\omega}{dt}$  (siehe die Formel 2, S. 152);  $Q$  die gesammte mechanische Kraftentwicklung, mit Ausnahme desjenigen Theiles derselben, welcher zum Ueberwinden der Friction verwendet worden ist.

Tabelle I.

Versuch 2. 6. November 1890. *M. Gastrocnemius dext. v. Rana temp. Curare* um 1<sup>h</sup> 7' n. M.; Präparat. um 1<sup>h</sup> 25' n. M. Temp. 17·6° C. Der Versuch, bei welchem noch andere als die hier mitgetheilten Bestimmungen ausgeführt worden sind, begann um 1<sup>h</sup> 50' und endete 3<sup>h</sup> 30' n. M.

Curve Nr. 2 *b* (vgl. Fig. 1 und die Curven Nr. 2 *b* Fig. 3 u. 4). Gewicht + Gewichtschale = 13<sup>g</sup>, gerade unter den Angriffspunkt des Muskels in 23<sup>mm</sup> Entfernung von der Achse des Schreibhebels angebracht; die durch den Schreibhebel bewirkte Belastung betrug 2<sup>g</sup>; die totale Belastung ist also = 15<sup>g</sup>. Zuckungshöhe = 2·3<sup>mm</sup>. Die Culmenzeit = 0·045". Die mechanische Arbeit = 34·5<sup>mm</sup>. Die zeitliche Differenz der untersuchten Punkte = 0·0025". Vergrößerung der Curve bei dem Photographiren 3·5 mal.

<i>T</i>	<i>tg α</i>	<i>V</i>	<i>A</i>	<i>tg μ</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
		mm	m in 1"		g	g
0·0025	0·81	44·4	+4·92	+1·11	+12·13	27·13
0·0050	1·07	58·7	+6·82	+1·51	+16·79	31·79
0·0075	1·48	81·3	+6·25	+1·41	+15·57	30·37
0·0100	1·65	90·6	+1·79	+0·404	+ 4·90	19·40
0·0125	1·67	91·7	+1·26	-0·225	- 3·11	11·89
0·0150	1·35	74·0	-5·32	-1·2	-13·08	1·92
0·0175	1·05	57·6	-5·10	-1·15	-12·54	2·46
0·0200	0·93	51·1	-2·45	-0·554	- 5·60	9·40
0·0225	0·85	46·6	-1·15	-0·259	- 2·82	12·18
0·0250	0·84	46·1	±0	±0	± 0	15
0·0275	0·85	46·6	+0·64	+0·145	+ 1·58	16·58
0·0300	0·88	48·3	+0·52	+0·117	+ 1·28	16·28
0·0325	0·88	48·3	-0·86	-0·194	- 2·11	12·89
0·0350	0·81	44·4	-1·96	-0·443	- 4·83	10·17
0·0375	0·69	37·9	-3·26	-0·737	- 8·03	6·79
0·0400	0·51	28·0	-4·43	-1·0	-10·93	4·07
0·0425	0·26	14·2	-5·58	-1·26	-13·73	1·27

Curve Nr. 4 *b* (vgl. Fig. 1 und die Curven Nr. 4 *b*, Fig. 3 und 4). Gesamtbelastung (Gewicht, Gewichtschale und Schreibhebel) = 41<sup>g</sup>, wie bei 2 *b* angebracht. Zuckungshöhe = 1·984<sup>mm</sup>. Culmenzeit = 0·0436". Mechanische Arbeit = 81·34<sup>mm</sup>. Im Uebrigen wie bei 2 *b*.



$T$	$\lg \alpha$	$V$	$A$	$\lg \mu$	$P$	$Q$
		mm	m		g	g
0.0025	0.424	23.3	+8.32	+1.88	+42.6	83.6
0.0050	0.795	43.7	+9.75	+2.20	+49.8	90.8
0.0075	1.13	62.1	+4.65	+1.05	+23.8	64.8
0.0100	1.26	69.2	+1.99	+0.449	+10.2	51.2
0.0125	1.3	71.4	-0.94	-0.213	-4.83	35.17
0.0150	1.13	62.1	-5.85	-1.32	-29.9	11.1
0.0175	0.916	50.3	-3.85	-0.869	-19.7	20.3
0.0200	0.781	42.9	-1.44	-0.325	-7.36	33.64
0.0225	0.795	43.7	+0.86	+0.194	+4.39	45.89
0.0250	0.839	46.1	+2.20	+0.496	+11.2	52.2
0.0275	1	54.9	+2.77	+0.625	+14.2	55.2
0.0300	1.07	58.8	+0.89	+0.202	+4.58	45.58
0.0325	1.07	58.8	-1.50	-0.338	-7.66	33.34
0.0350	0.933	51.2	-4.40	-0.994	-22.5	18.5
0.0375	0.7	38.2	-5.45	-1.23	-27.8	13.2
0.0400	0.401	22.2	-6.16	-1.39	-31.5	9.5
0.0425	0.105	5.8	-6.82	-1.54	-34.9	6.1

Curve Nr. 7b (vgl. Fig. 1 und die Curven Nr. 7b, Fig. 3 und 4). Gesamtbelastung (Gewicht, Gewichtschale und Schreibhebel) = 80 g, wie bei 2b angebracht. Zuckungshöhe = 1.706 mm. Culmenzeit = 0.0405". Mechanische Arbeit 136.48 mm. Die zeitliche Differenz der untersuchten Punkte = 0.0024". Die photographische Vergrößerung 3.7 mal.

$T$	$\lg \alpha$	$V$	$A$	$\lg \mu$	$P$	$Q$
		mm	m		g	g
0.0024	0.373	20.5	+7.77	+1.66	+70.6	150.6
0.0048	0.643	35.3	+7.63	+1.63	+69.4	149.4
0.0072	0.902	49.6	+3.36	+0.824	+35.0	115.0
0.0096	1.00	54.9	+1.74	+0.372	+15.8	95.8
0.0120	1.13	62.1	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0$	80.0
0.0144	0.854	46.9	-5.76	-1.23	-52.4	27.6
0.0168	0.713	39.1	-2.18	-0.466	-19.8	60.2
0.0192	0.659	36.2	-0.51	-0.11	-4.68	75.32
0.0216	0.668	36.7	+1.04	+0.222	+9.45	89.45
0.0240	0.758	41.6	+3.10	+0.662	+28.2	108.2
0.0264	0.966	53.1	+3.53	+0.754	+32.1	112.1
0.0288	1.07	58.6	+1.34	+0.287	+12.3	92.3
0.0312	1.10	60.4	-0.95	-0.203	-8.6	71.4
0.0336	0.937	51.4	-5.15	-1.10	-46.8	33.2
0.0360	0.671	36.8	-6.65	-1.42	-60.5	19.5
0.0384	0.374	20.5	-6.69	-1.43	-60.9	19.1
0.0408	0.083	4.6	-6.93	-1.48	-63.0	17.0

Bei den hier mitgetheilten Beispielen ist die Muskelkraft nach der Formel für eine Rotationsbewegung um eine Achse berechnet. Dies ist nothwendig gewesen wegen des Einflusses der Masse des Schreibhebels, welche in der Weise vertheilt gewesen ist, dass sie nicht ohne einen merkbaren Fehler zu dem Angriffspunkt des Muskels verlegt werden konnte.

Die genannte Formel (2), S. 152, kann auch in der folgenden Weise geschrieben werden:

$$Q - p = \left( \frac{T + mR^2}{R} \right) \frac{d\omega}{dt} = \frac{T}{R} \cdot \frac{d\omega}{dt} + mR \frac{d\omega}{dt}.$$

Da aber  $T$ , das Trägheitsmoment des Schreibhebels und der Feder, wenigstens bei grösseren Belastungen im Verhältniss zum Trägheitsmoment des Gewichtes,  $mR^2$ , klein ist, kann jenes ohne einen grösseren Fehler vernachlässigt werden, und die Formel für die Kraftberechnung wird dann

$$Q - p = mR \frac{d\omega}{dt}.$$

Diese Formel gilt für den Fall, dass die gesammte Belastung des Muskels an dessen bewegliches Ende ohne irgend einen Schreibhebel placirt gewesen. Unter der Annahme, dass der Gang der Muskelzuckung mit oder ohne Schreibhebel ungefähr derselbe gewesen ist, wurde laut der letzten Formel die entwickelte Kraft etwas kleiner, als sie nach den Tabellen ist, z. B. für die Curve Nr. 7 *b*, bei der ersten Bestimmung etwa 9% kleiner. Da auch bei diesen Werthen der Muskelkraft die Friction vernachlässigt worden ist, und da der Einfluss des Schreibhebels auf das Moment und die Bewegungsrichtung sehr klein gewesen, dürften die Ergebnisse der Untersuchung, ohne einen grösseren Fehler, auch auf den Fall, dass der Muskel ein an sein bewegliches Ende befestigtes Gewicht gehoben hat, überführt werden können.

Wenn wir jetzt die mitgetheilten Versuche näher betrachten und dabei zunächst die Geschwindigkeit der Muskelbewegung und ihre Variationen untersuchen, so finden wir, dass sie im grossen Ganzen bei zunehmender Belastung, jedoch nicht proportional, sondern langsamer, abnimmt. Wenn also die Belastung wie 15:41:80% zunimmt, so nimmt die maximale Geschwindigkeit wie 91.7:71.4:62.1 ab. Bei der kleinsten Belastung (15%, Curve 2 *b*) nimmt bei der Inflection die Bewegungsgeschwindigkeit bis auf etwa die Hälfte ihres maximalen Werthes ab und wird nachher durch den neuen Impuls des Muskels nur unbedeutend gesteigert. Die übrigen zwei Curven (4 *b*, 7 *b*) verhalten sich in dieser Hinsicht übereinstimmend. Bei bei-

den sinkt die Bewegungsgeschwindigkeit zu geringeren Werthen als bei der ersten Curve (2b) herab, und zwar bei 7b tiefer als bei 4b, aber im Verhältniss zum Maximum der Geschwindigkeit ist die Abnahme bei den beiden letzten Curven geringer als bei der ersten.

Auch die zweite Zunahme der Geschwindigkeit ist bei den höheren Belastungen grösser, und zwar nicht nur relativ (in Bezug auf die grösste Abnahme bei der Inflection) sondern auch absolut und in dieser Hinsicht überragt 7b etwas 4b, obgleich der Muskel bei dem ersten dieser beiden Fälle einen etwa doppelten Widerstand zu überwinden, eine doppelte Masse zu bewegen gehabt hat. Wir finden also, dass während die stärkere Belastung eine Abnahme der Bewegungsgeschwindigkeit in dem früheren Stadium der Contraction (vor der Inflection) bedingt, sie im späteren Verlauf der Zuckung einen Zuwachs der Bewegungsgeschwindigkeit hervorruft. Dies entspricht der oben erwähnten Thatsache, die auch bei den vorliegenden Curven hervortritt, bezw. dass bei zunehmender Belastung die Höhe der secundären Elevation (von dem Punkte, wo sich die Inflection durch eine erste Abnahme der Steigung der Curve zu zeigen anfängt, bis zum Culmen gerechnet) im Verhältniss zur Höhe der primären zunimmt (siehe S. 148). Bei den oben erwähnten Fällen mit 15, 41 und 80% Belastung ist das Verhältniss zwischen der primären und der secundären Elevation etwa wie  $\frac{1}{1.69}$ ;  $\frac{1}{2.48}$ ;  $\frac{1}{2.74}$ . Wie oben genannt, ist es wahrscheinlich, dass diese Erscheinung von der verschiedenen Art der Wirkung der verschiedenen Muskelfasern, der rothen und der blassen, bedingt ist. Diese fangen früher an sich zu contrahiren, thun dies schneller (rufen das Maximum der Geschwindigkeit hervor), sind aber weniger kräftig, so dass die Geschwindigkeit und die Höhe ihrer Contraction bei steigender Belastung abnehmen. Die Contraction der rothen Fasern macht sich später merkbar, findet langsamer statt, ist aber kräftiger, indem sie in Bezug sowohl auf die Geschwindigkeit, wie auch verhältnissmässig auf den Umfang mit der Zunahme der Belastung innerhalb der hier eingehaltenen Grenzen zunimmt.

Wenn wir dann untersuchen, wie sich die Geschwindigkeit der Bewegung zum zeitlichen Verlauf der Contraction verhält (vgl. Fig. 3), so finden wir den grössten Zuwachs der Geschwindigkeit, die grösste Acceleration eben im Beginn der Curve. Darnach nimmt die Geschwindigkeit zwar noch zu, aber mit abnehmender Intensität, bis sie am Wendepunkte etwas vor 0.012" nach dem Beginn der Zuckung ihr Maximum erreicht. Bei Nr. 2b und 4b ist der grösste Werth der Geschwindigkeit bei 0.0125" erhalten worden, bei beiden

Fällen giebt aber die Berechnung der Spannung an, dass diese schon unterhalb der Initialspannung zu sinken angefangen hat. Dies bezeugt dass der Wendepunkt und das Geschwindigkeitsmaximum thatsächlich zwischen dem genannten Zeitabschnitt und dem eben vorhergehenden (0.0100") liegen. Bei Nr. 7 b ist das Geschwindigkeitsmaximum bei 0.012" nach dem Beginn der Zuckung erhalten worden und zwar bei einer, der initialen gleich grossen Spannung. Nachdem der Wendepunkt passirt worden, nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung zuerst schnell, darnach langsamer bis zum Minimum ab. Dieses wird um so früher erreicht, je grösser die Belastung gewesen (in Nr. 2 b bei 0.025", in Nr. 4 b bei 0.020", in Nr. 7 b bei 0.019" nach dem Beginn der Zuckung). In dem Umstande, dass die Geschwindigkeit der Bewegung zuerst schnell, dann aber langsamer abnimmt, finden wir einen weiteren Beweis dafür, dass sich der Schreibhebel unabhängig vom Muskel nicht bewegt hat, denn wäre dies der Fall gewesen, würde die Geschwindigkeit im Gegentheil immer schneller abgenommen haben.

Bei dem erwähnten Geschwindigkeitsminimum hat die Curve einen neuen, zweiten Wendepunkt, wo die Spannung der vor der Zuckung stattfindenden wieder gleich wird; (bei Nr. 2 b zeigt sich dieser zweite Wendepunkt zufälliger Weise eben in dem Punkt der Curve, der 0.025" nach dem Beginn der Zuckung erreicht worden ist). Dann folgt eine zweite Periode zunehmender Geschwindigkeit, welche bei allen Curven etwa zu derselben Zeit und zwar 0.03" nach dem Beginn der Zuckung ein zweites Maximum, einen dritten Wendepunkt erreicht. Die Spannung ist hier noch einmal der initialen Spannung gleich. Endlich stellt sich ein Stadium immer schneller abnehmender Geschwindigkeit dar, bis letztere am Culmen gleich 0 wird.

Um das Verhalten des ersten Wendepunktes bei Contractionen mit verschieden grossen Belastungen zu beurtheilen, ist es von Interesse zu untersuchen, wie viel sich der Muskel verkürzt hat, als der betreffende Wendepunkt erreicht wird, d. h. die Wendepunktsordinate oder die Gleichgewichtshöhe zu bestimmen.<sup>1</sup> Zum Vergleich sind auch die Gleichgewichtshöhen bei den entsprechenden isotonischen Zuckungen mitgetheilt.

---

<sup>1</sup> Das Wort Gleichgewichtshöhe wird von Helmholtz (*Wiss. Abh.* 2, S. 769) in dieser Bedeutung gebraucht. Fick, (*Untersuchungen über Muskelarbeit*. Basel 1867. S. 6) bezeichnet damit die Höhe, auf welche ein tetanisirter Muskel eine gewisse Belastung aufgehoben hält. In beiden Fällen ist aber die eben stattfindende Spannung gleich der initialen, am Beginn der Contraction stattfindenden.

Tabelle II.

Ver- such	Nr.	Anordnung	Belastung des Muskels	Gleich- gewichts- höhe	Geschwin- digkeit in 1 Sec.	Zeit- abschnitt Sec.
2			g	mm	mm	
	2 a	Isot.	15	0.60	98.9	> 0.0100
	2 b	Wurfbew.	15	0.80	91.7	< 0.0125
	4 a	Isot.	41	0.54	83.4	> 0.0100
	4 b	Wurfbew.	41	0.58	71.4	< 0.0125
	7 a	Isot.	80	0.42	63.9	< 0.0120
	7 b	Wurfbew.	80	0.50	62.1	0.0120

Da die hier angegebenen Punkte, mit Ausnahme der Bestimmung Nr. 7 b, nicht die Wendepunkte selbst darstellen, sondern nur nahe denselben liegen, indem nämlich die Bestimmungen für die isotonischen Curven etwas zu früh, für die Wurfcuren etwas zu spät getroffen haben, dürfte der Unterschied der Gleichgewichtshöhen zwischen den resp. isotonischen und Wurfcuren nur ganz gering sein. Auch sind die Differenzen derselben bei zunehmender Belastung sehr klein, deuten aber darauf hin, dass die Gleichgewichtshöhen bei zunehmender Belastung des Muskels, wenn träge equilibrierte Massen ausgeschlossen sind, eher ab- als zunehmen, während, wie schon bemerkt, die maximale Geschwindigkeit abnimmt und die Zeit, wann der Wendepunkt erreicht wird, etwa unverändert bleibt. Bei Versuchen mit trägen, equilibrierten Massen sind die Verhältnisse, wie Starke nachgewiesen hat und später hervorgehoben werden soll, ganz andersartig.

Von einem nicht geringen Interesse ist die Spalte A, die Acceleration (Meter in einer Secunde) des Angriffspunktes des Muskels am Schreibhebel. Bei ihrem Maximum zeigt sie Werthe, welche nicht weit gegen die Acceleration der Schwerkraft zurücktreten. Und wenn wir uns erinnern, dass nicht nur die Belastung, sondern auch die Acceleration die Grösse der entwickelten Kraft bestimmt, werden die gefundenen Werthe der letzteren nicht länger so unglaublich gross erscheinen. Die negativen Werthe der Acceleration zeigen, dass die Geschwindigkeit in der Bewegung nie so schnell abgenommen hat, wie dies der Fall gewesen wäre, wenn sie nur von der Schwerkraft allein beeinflusst gewesen.

Die wichtigsten Erscheinungen im Verlauf der Spannungsschwankungen sind schon angegeben. Die mitgetheilten Versuche zeigen zwei Stadien der Spannungszunahme, ein initiales und ein nach

der Inflection stattgefundenes (vgl. die Curven Fig. 4, welche die Schwankungen der Spannung im Verhältniss zum zeitlichen Verlauf der Zuckung darstellen). Während des ersten dieser Stadien erreicht die Spannung unmittelbar bei dem Beginn der Zuckung (nach 0.005" oder früher) ihr Maximum. Auch während des zweiten Stadiums der Spannungszunahme stellt sich das Maximum bei den untersuchten Curven ziemlich gleichzeitig dar, und zwar etwa 0.027" nach dem Beginn der Zuckung. In beiden Fällen zeigt die Spannung ihr Maximum, vor dem die Geschwindigkeit das ihrige erreicht hat, was übrigens zu erwarten war, da die vermehrte Spannung die Ursache der schnelleren Bewegung darstellt.

Bei der Inflection sowie nach der secundären Spannungszunahme ist die Spannung kleiner als die initiale. Das Minimum der Kraft scheint der Muskel zu entwickeln, im ersten Falle kurz nachdem der Wendepunkt passirt ist, etwa 0.015" nach dem Beginn der Zuckung und etwas bevor die Geschwindigkeit bei der Inflection ihr Minimum erreicht. Diese Abnahme der Kraft bedingt die Inflection an der Curve. Bei dem zweiten Stadium einer verminderten Spannung hat diese ihr Minimum am Culmen der Zuckung.

Die gefundene Grösse der Spannungsschwankungen und deren Verhältniss zur Belastung erwecken Zweifel und Erstaunen. Nur der schon bemerkte Einfluss der starken Acceleration macht es möglich sich vorzustellen, dass in der That eine so grosse Kraft entwickelt werden müsste. Bei den Versuchen 2b und 4b ist die grösste Spannung doppelt so gross oder noch grösser als die initiale. Bei Versuch 7b beträgt die grösste Spannungszunahme 88.25% der initialen Spannung. Hieraus folgt noch, dass bei meinen Versuchen das Maximum der entwickelten Spannungszunahme im Anfang der Zuckung zuerst etwas schneller als die Belastung bis zu einer solchen von 40g, dann etwas langsamer zunimmt. Bei einer vierten Curve, deren erster Theil in derselben Weise wie die hier vorliegenden analysirt worden ist, betrug das Maximum der Spannung 62.9g bei einer totalen Belastung von 28g, was mit den eben mitgetheilten Werthen gut übereinstimmt. Da nämlich bei diesen vier Bestimmungen die Belastung wie 1:1.9:2.7:5.3 zunahm, nahmen die Spannungen wie 1:1.98:2.86:4.74 zu.

Die Abnahme der Kraft, die bei der Inflection sowie in der Nähe des Culmen stattfindet, geht, wie oben bemerkt, nirgends so tief hinab, dass  $Q = 0$  wird (mit Ausnahme am Culmen selbst). Bei Versuch 2b sinkt der Werth von  $Q$  bis nahe  $\frac{1}{8}$ , bei den beiden übrigen Versuchen bis etwa  $\frac{1}{3}$  der Initialspannung.

## Sechstes Capitel.

**Bewegungsgeschwindigkeit und Kraftentwicklung bei sog. „isotonischen“ Muskelsuckungen.**

In Zusammenhang mit den jetzt beschriebenen Versuchen wurden Parallelversuche mit isotonischer Anordnung ausgeführt. Die Versuchsbedingungen waren dieselben wie bei jenen Versuchen, nur wurde die Belastung, statt am Angriffspunkte des Muskels befestigt zu sein, an einem Faden angehängt, welcher um eine an der Achse des Schreibhebels befestigte kleine Rolle von 3<sup>mm</sup> Radius gelegt worden war. Hierbei wurde ein verhältnissmässig grösseres Gewicht benutzt, so dass die auf den Muskel wirkende Belastung (incl. dem Hebel) dieselbe wie bei den Versuchen 2b, 4b und 7b wurde.

Fig. 1, Nr. 2a, 4a u. 7a zeigen die in dieser Weise erhaltenen Curven.

Ihre eigenthümliche, oben erwähnte Form ist auffallend. Möglicher Weise konnte bemerkt werden, dass der erste, convex gegen die Abscisse verlaufende und von derselben langsam sich ablösende Theil davon bezeugt, dass eine grosse Steigerung der Spannung im Beginn der Zuckungen stattfände. Fick<sup>1</sup> bildet eine bei einer geringen Belastung (10<sup>g</sup>) gezeichnete Curve ab und hebt hervor, dass dieselbe sich durch ihr steiles Aufsteigen von der Abscisse und ihren im Anfange fast geradlinigen Verlauf einer idealischen, d. h. von trägen Massen gar nicht verzögerten Zuckung in hohem Grade nähert. Ich gebe selbstverständlich zu, dass ein ausgedehnterer, gegen die Abscisse convexer Anfang der Curve auf die Einwirkung der Trägheit hindeutet, und ferner, dass bei meinen sogen. „isotonischen“ Zuckungen ein gewisser derartiger Widerstand in der That vorhanden gewesen. An der erwähnten Curve Fick's aber betrug, nach dem Myogramme bestimmt, die Latenzdauer 0.007". Bei mehreren der Versuche Tigerstedt's,<sup>2</sup> bei welchen der Muskel nur einen sehr leichten, den Muskel mit 4<sup>g</sup> belastenden Hebel zu bewegen hatte, war die mittels eines elektrischen Signals bestimmte Latenzdauer viel kürzer (in den meisten Fällen 0.0038—0.0049"); bei diesen Versuchen muss also das Trägheitsmoment sehr gering gewesen sein. Jedoch zeigen die bei diesen Versuchen gezeichneten Curven keine plötzliche Steigung von der Abscisse, sondern erheben sich allmählich von derselben (vgl. Fig. 2, S. 145. Curve Nr. 1b). Diese Erscheinung dürfte also nicht mit Nothwendigkeit darauf hindeuten, dass eine beträchtlichere Spannungssteigerung stattgefunden hat.

<sup>1</sup> Fick, *Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung*. 1882. S. 100.

<sup>2</sup> Tigerstedt, Unters. über die Latenzdauer der Muskelzuckung. *Archiv für Anat. und Physiol.* Physiol. Abth. 1885. Suppl.-Bd. S. 232 u. folg.

Von einem gewissen Interesse ist der Verlauf der isotonischen Curven im Vergleich mit den von demselben Muskel bei der im vorhergehenden Capitel beschriebenen Anordnung erhaltenen Curven. Die isotonische Zuckung steigt anfangs schneller als die Wurfbewegung, zeigt dann eine viel tiefere Inflection, kreuzt die Wurfcurve, um endlich eine niedrigere Höhe zu erreichen.

Die Ursache dieser Verschiedenheit des Verlaufes ergibt sich durch eine Berechnung der Muskelkraft bei der isotonischen Anordnung.

Das Moment der Muskelkraft ist fortwährend  $QR$ , das des Gewichtes  $Pr$ , wo  $P$  die Schwere des grossen Gewichtes und  $r$  den Radius der Rolle darstellt;  $n$  ist die Schwere des Schreibhebels im Angriffspunkte des Muskels;  $T$  ist das Trägheitsmoment des Schreibhebels,  $Mr^2$  das des Gewichtes, wenn  $M$  seine Masse bezeichnet;  $\frac{d\omega}{dt}$  ist die Winkelacceleration. Die Formel wird also

$$QR - (Pr + nR) = (T + Mr^2) \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

Die Aequation (3) unterscheidet sich von der Aequation (2) dadurch, dass hier  $Mr^2$  statt  $mR^2$  eingetreten ist. Die grössere Masse  $M$ , der Achse des Hebels näher angebracht, bekommt nur eine ganz geringe Acceleration und ihre Trägheit übt also einen viel geringeren Einfluss als die kleinere Masse,  $m$ , an dem längeren Hebelarm. Wäre nicht der Schreibhebel mit seiner, wenn auch geringen Masse vorhanden, so wären die Spannungsschwankungen nur ganz gering und die Curven fast vollständig isotonisch gewesen.<sup>1</sup> Wenn aber der Schreibhebel berücksichtigt wird, so werden die aus meinen Curven nach dem oben angewandten Verfahren berechneten Spannungsschwankungen, vor allem bei geringer Belastung, verhältnissmässig ziemlich gross. Jedenfalls werden sie viel geringer, als wenn das belastende Gewicht gerade unter den Muskel angebracht wird.

Ich theile jetzt einige hierher gehörige Bestimmungen mit.

### Tabelle III.

(Derselbe Versuch wie in der Tabelle I.)

Curve Nr. 2 a (vgl. Fig. 1 und die Curven Nr. 2 a, Fig. 3 und 4). Gewicht 100<sup>g</sup>, an der Rolle nahe der Achse des Hebels hängend, belastet den Muskel mit 13<sup>g</sup>; die Gesamtbelastung des Muskels (incl. Schreibhebel) 15<sup>g</sup>. Zuckungshöhe = 2.032<sup>mm</sup>. Culmenzeit = 0.044<sup>sec</sup>. Mechanische Arbeit = 30.48<sup>mm</sup>. Die zeitliche Differenz der untersuchten Punkte = 0.0025<sup>sec</sup>. Photographische Vergrösserung = 3.5 mal.

<sup>1</sup> Dies geht daraus hervor, dass z. B. beim Aufzeichnen der Curve 2 a das Trägheitsmoment des schreibenden Apparates 0.698, das des Gewichtes 0.0917 betrug.



$T$	$\operatorname{tg} \alpha$	$V$	$A$	$\operatorname{tg} \mu$	$P$	$Q$
		mm	m		g	g
0.0025	0.81	44.5	+4.92	+1.11	+6.5	21.5
0.0050	1.09	59.8	+7.66	+1.73	+10.1	25.1
0.0075	1.54	84.6	+9.39	+2.12	+12.4	27.4
0.0100	1.80	98.9	+2.08	+0.47	+2.7	17.7
0.0125	1.72	94.5	-5.01	-1.13	-6.6	8.4
0.0150	1.38	75.9	-9.26	-2.09	-12.2	2.8
0.0175	0.93	51.1	-8.37	-1.89	-11.1	3.9
0.0200	0.61	33.5	-4.43	-1.00	-5.9	9.1
0.0225	0.48	26.4	-2.22	-0.50	-3.0	12.0
0.0250	0.41	22.6	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0$	15.0
0.0275	0.48	26.4	+2.30	+0.52	+3.1	18.1
0.0300	0.60	32.9	+2.57	+0.58	+3.4	18.4
0.0325	0.70	38.5	+1.15	+0.28	+1.5	16.5
0.0350	0.67	36.8	-1.36	-0.306	-1.8	13.2
0.0375	0.57	31.3	-3.54	-0.80	-4.7	10.3
0.0400	0.32	17.5	-6.25	-1.41	-8.3	6.7
0.0425	0.08	4.4	-4.50	-0.98	(-5.8)	(9.2)

Curve Nr. 4 a (vgl. Fig. 1 und die Curven 4 a, Fig. 3 und 4). Gewicht = 300<sup>g</sup> an der Rolle; die Anordnung im übrigen wie bei Nr. 2 a. Die totale Belastung des Muskels = 41<sup>g</sup>. Zuckungshöhe = 1.87 mm. Culmenzeit = 0.043". Mechanische Arbeit = 76.67<sup>mm</sup>. Zeitdifferenz = 0.0025". Photographische Vergrößerung wie 2 a.

$T$	$\operatorname{tg} \alpha$	$V$	$A$	$\operatorname{tg} \mu$	$P$	$Q$
		mm	m		g	g
0.0025	0.538	32.0	+11.5	+2.59	+19.1	60.1
0.0050	1.11	60.9	+10.3	+2.33	+17.2	58.2
0.0075	1.47	80.7	+3.02	+0.682	+5.1	46.1
0.0100	1.52	83.4	-0.57	-0.129	-0.9	40.1
0.0125	1.40	76.9	-4.9	-1.11	-8.1	32.9
0.0150	1.10	60.3	-6.9	-1.56	-11.6	29.4
0.0175	0.781	42.9	-6.5	-1.46	-10.7	30.3
0.0200	0.532	29.2	-5.2	-1.17	-8.6	32.4
0.0225	0.374	20.5	-0.71	-0.161	-1.2	39.8
0.0250	0.388	21.4	+2.06	+0.466	+3.4	44.4
0.0275	0.598	32.8	+4.8	+1.09	+8.0	49.0
0.0300	0.787	43.5	+3.7	+0.839	+6.3	47.3
0.0325	0.90	49.5	+0.61	+0.137	+1.0	42.0
0.0350	0.839	46.1	-3.7	-0.83	-6.1	34.9
0.0375	0.601	33.0	-5.2	-1.17	-8.6	32.4
0.0400	0.367	20.2	-5.7	-1.28	-9.4	31.6
0.0425	0.085	4.7	-6.4	-1.44	-10.6	30.4

Curve Nr. 7 a (Vgl. Fig. 1 und die Curven 7 a, Fig. 3 und 4). Gewicht = 600<sup>g</sup> an der Rolle. Totale Belastung des Muskels = 80<sup>g</sup>. Zuckungshöhe = 1.553<sup>mm</sup>. Culmenzeit = 0.043<sup>sec</sup>. Mechanische Arbeit = 124.15<sup>mm</sup>. Zeitdifferenz = 0.0024<sup>sec</sup>. Photographische Vergrößerung 3.7 mal.

<i>T</i>	<i>tg α</i>	<i>V</i>	<i>A</i>	<i>tg μ</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
		mm	m		g	g
0.0024	0.456	25.1	+6.9	+1.48	+15.1	95.1
0.0048	0.81	44.5	+9.3	+1.99	+20.4	100.4
0.0072	1.16	63.8	+1.86	+0.398	+4.07	84.07
0.0096	1.16	63.8	±0	±0	±0	80.0
0.0120	1.163	63.9	-1.3	-0.277	-2.8	77.2
0.0144	0.971	53.8	-7.2	-1.54	-15.8	64.2
0.0168	0.657	36.1	-6.2	-1.33	-13.6	66.4
0.0192	0.41	22.6	-5.2	-1.11	-11.3	68.7
0.0216	0.231	12.6	-2.03	-0.435	-4.5	75.5
0.0240	0.218	12.0	+2.2	+0.479	+4.9	84.9
0.0264	0.404	22.2	+4.7	+1.0	+10.2	90.2
0.0288	0.595	32.7	+4.5	+0.966	+9.9	89.9
0.0312	0.747	41.0	+3.7	+0.795	+8.1	88.1
0.0336	0.913	56.1	+1.4	+0.308	+3.2	83.2
0.0360	0.733	40.2	-5.4	-1.15	-11.8	68.2
0.0384	0.491	26.9	-5.2	-1.11	-11.3	68.7
0.0408	0.297	16.2	-5.2	-1.11	-11.3	68.7
0.0430	0.0524	2.8	-5.1	-1.10	-11.2	68.8

Aus den jetzt mitgetheilten Beispielen geht hervor, dass auch bei sog. isotonischer Anordnung die Spannungsschwankungen nicht unerheblich und zwar im Maximum etwa 12—20<sup>g</sup> gewesen. Wenn die Belastung des Muskels wie 1:2.7:5.3 zunahm, so nahmen die Spannungsmaxima wie 1:1.54:1.65 zu — ein ganz anderes Verhältniss jedoch als dasjenige bei den im vorigen Capitel dargestellten Versuchen (1:2.86:4.74, vgl. oben S. 165). Bei der kleinsten Belastung betrug die Spannungszunahme  $\frac{4}{5}$  der Initialspannung, bei den grösseren Belastungen (41 resp. 80<sup>g</sup>) 46.6 bzw. 25.5<sup>g</sup> davon. Der allgemeine Verlauf der Schwankungen der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraftentwicklung stimmt übrigens mit demjenigen der früher beschriebenen Zuckungen (Anordnung b) sehr nahe überein. Die Einzelheiten sind aus den Curven a, Fig. 3 u. 4 (S. 157—158), welche den Verlauf der Geschwindigkeits- und Spannungsschwankungen in ihrem Verhältniss zum zeitlichen Verlauf der Zuckungen darstellen, ersichtlich.

Wenn die isotonischen Curven mit den entsprechenden „Wurfcurven“ verglichen werden, zeigt es sich, dass bei jenen die Geschwin-

digkeit im ersten Theil der Zuckung (vor der Inflection) grösser ist als bei diesen, während das umgekehrte bei der zweiten Geschwindigkeitssteigerung stattfindet. (An den Curven 7a und 7b ist jedoch die maximale Geschwindigkeit während des ersten Theils der Zuckung ziemlich gleich). Die Abnahme der Geschwindigkeit bei der Inflection ist an den isotonischen Curven beträchtlicher. Bei den „Wurfversuchen“, wo das Trägheitsmoment der Masse grösser ist, behält sie die einmal ihr mitgetheilte Geschwindigkeit besser. Hierzu kommt, besonders bei der grössten Belastung (80<sup>g</sup>, Nr. 7b), dass auch die zweite Spannungssteigerung (nach der Inflection) beträchtlich grösser als die bei der entsprechenden isotonischen Curve wird. Dies ist wahrscheinlich davon bedingt, dass, wenn bei der Inflection das Gewicht — wenn auch in geringerem Grade als bei der isotonischen Zuckung — anfängt verzögert zu werden, ihr grösseres Trägheitsmoment einen beträchtlicheren Widerstand bedingt, welcher dann seinerseits eine grössere Kraftentwicklung hervorgerufen hat. In diesem, sowie in dem eben hervorgehobenen Umstande, bezw. dass die Masse mit dem grösseren Trägheitsmoment die Geschwindigkeit besser aufbewahrt, dürften die Ursachen der grösseren Bewegungsgeschwindigkeit bei dem späteren Theil der Wurfcuren liegen, während die Ursache ihrer geringeren Initialgeschwindigkeit auch in der grösseren Trägheit der Belastung zu finden ist, denn dieselbe vermindert die Geschwindigkeit der Bewegung bis sie die genügende Acceleration bekommen hat.

Was die Grösse der Spannungsschwankungen in den beiden Fällen betrifft, so sind diese bei den Wurfversuchen grösser. Bei einer kleinen Belastung ist der Unterschied gering, bei einer grösseren aber nimmt die Differenz in einem so hohen Grade zu, dass bei 41<sup>g</sup> Belastung das Maximum der Spannungszunahme bei Wurfanordnung 2—3 mal (49.8 bezw. 19.1) und bei 80<sup>g</sup> 3—4 mal grösser ist als bei isotonischer Anordnung (70.6 bezw. 20.4).

Um näher zu untersuchen, wie sich die Spannung bei den sog. isotonischen Zuckungen, welche mit den von mir bei meinen übrigen Versuchen benutzten Myographen geschrieben worden sind,<sup>1</sup> verhalten hat, habe ich eine mit demselben geschriebene Curve in derselben Weise wie die hier mitgetheilten, analysirt. Der Schreibhebel von 17<sup>cm</sup> Länge war an einer horizontalen Achse angebracht und wog 1.524<sup>g</sup>. Er bestand aus einem hölzernen Stäbchen von 11<sup>cm</sup> Länge, welches 1.47<sup>g</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Santesson, *Dies Archiv*. Bd. I. S. 8—11 und Bd. III. S. 13.

wog und von einem dünnen 6<sup>cm</sup> langen Fischbeinstreifen fortgesetzt wurde. Das Gewicht dieses Streifens betrug 0.054<sup>g</sup>. Der Angriffspunkt des Muskels am Schreibhebel befand sich 1<sup>cm</sup>, derjenige des Gewichtes 0.5<sup>cm</sup> von der Achse des Hebels. Die Zuckung wurde also 17 mal vergrößert. Von dem Haken, welcher in der Achillessehne eingestochen war, verlief eine kleine metallene Kette zum Angriffspunkte am Schreibhebel und daselbst war auch ein kleiner Kupferdraht für den elektrischen Strom befestigt. Der Schreibhebel, incl. Kette und Kupferdraht, belastete den Muskel mit 5<sup>g</sup>. Wenn wir das hölzerne Stäbchen als einen gleich dicken und homogenen Cylinder von einem ganz kleinen Radius und 110<sup>mm</sup> Länge betrachten (wobei die Masse, incl. der Achse und eine metallene Einfassung von 28.0.066<sup>g</sup> Gewicht an der Spitze als 29 gleichmässig auf die ganze Länge des Stäbchens vertheilt angesehen wird), wird dessen Trägheitsmoment

$$\frac{1.47}{9820} \times \frac{(110)^2}{3} = 0.604.$$

Das Moment des Fischbeinstreifens kann ohne Fehler vernachlässigt werden. Der Hebelarm des Muskels  $R$  betrug 10<sup>mm</sup>. Das belastende Gewicht war 300<sup>g</sup>, sein Hebelarm 5<sup>mm</sup>. Die totale Belastung des Muskels betrug 155<sup>g</sup>. Das Trägheitsmoment des Gewichtes war

$$\frac{300 \times (5)^2}{9820} = 0.764.$$

Um die Winkelacceleration zu bestimmen wurde die Curve photographisch (3.09 mal) vergrößert und darnach wie früher gemessen. Die Geschwindigkeitscurve wurde in derselben Scala wie früher construiert. Die Winkelacceleration ist also

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{k \times \text{tg} \mu}{lLa^3} = \frac{6 \times 3.09 \text{ tg} \mu}{2.5 \times 29.7 \times 170 \times (0.0035)^3}$$

und die ganze Formel zur Berechnung der Kraftentwicklung

$$10Q - (300 \times 5 + 5 \times 10) = \frac{(0.604 + 0.764) \times 6 \times 3.09 \text{ tg} \mu}{2.5 \times 29.7 \times 170 \times (0.0035)^3}.$$

Die zu untersuchenden Punkte der Curve lagen an der Abscisse

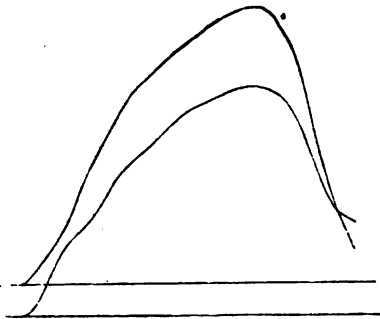


Fig. 5.

Nr. 28 isotonische, Nr. 29 auxotonische Curve mit 155<sup>g</sup> Initialspannung des Muskels; Versuch 46. Vergrößerung des originalen Myogrammes etwas mehr als 2 mal. Vgl. Tab. IV. und VI.

der photographischen Platte in einer gegenseitigen Entfernung von 2.5 mm; die Zeitdifferenz betrug also 0.0028".

Tabelle IV.

Die Höhe der in Fig. 5, Nr. 28 dargestellten Zuckung betrug = 1.387 mm. Die Culmenzeit = 0.051". Die mechanische Arbeit = 215 <sup>mm</sup>. Die Temp. = 16.6—17° C.

<i>T</i>	tg $\alpha$	<i>V</i>	<i>A</i>	tg $\mu$	<i>P</i>	<i>Q</i>
		mm	m		g	g
0.0028	1.26	21.3	+1.9	+1.66	+27.3	182.3
0.0056	1.47	24.9	+0.15	+0.123	+ 2.0	157.0
0.0085	1.32	22.3	+0.27	+0.222	+ 3.7	158.7
0.0102	1.78	36.1	+3.1	+2.61	+42.8	197.5
0.0140	2.48	41.9	±0	±0	± 0	155.0
0.0169	2.13	36.0	-2.1	-1.80	-29.5	125.5
0.0197	1.76	29.6	-1.6	-1.40	-23.0	132.0
0.0225	1.54	26.1	-1.7	-1.43	-23.5	131.5
0.0254	1.11	18.7	-1.3	-1.14	-18.8	136.2
0.0282	0.96	16.2	-0.62	-0.521	- 8.6	146.4
0.0310	0.879	14.8	-0.59	-0.499	- 8.9	146.1
0.0338	0.754	12.8	-0.46	-0.384	- 6.3	148.7
0.0367	0.735	12.4	-0.23	-0.194	- 3.2	151.8
0.0395	0.675	11.4	-0.49	-0.414	- 6.8	148.2
0.0423	0.554	9.4	-0.77	-0.649	-10.7	144.3
0.0451	0.404	6.9	-0.77	-0.649	-10.7	144.3
0.0480	0.287	4.8	-1.0	-0.839	-13.8	141.2
0.0508	0.058	1.0	-1.45	-1.21	-19.8	135.2

Bei dieser Zuckung ist die Bewegungsgeschwindigkeit viel kleiner als bei den in Tabellen I u. III mitgetheilten gewesen, die Belastung war aber auch beträchtlich grösser. Der Wendepunkt und das Maximum der Geschwindigkeit wurden 0.0140" nach dem Beginn der Zuckung, also etwas später (0.003—0.004") als bei den „isotonischen“ Zuckungen mit geringerer Belastung (vgl. Tab. III), erreicht. Die jetzt vorliegende Zuckung hat auch eine längere Zeit (0.007—0.008") als die eben erwähnten in Anspruch genommen. Eine so grosse directe Belastung verlängert also ein wenig die Zeit des Wendepunktes, wie auch die des Culmen.

Vor dem Wendepunkt zeigt die Bewegungsgeschwindigkeit bei der Zuckung Nr. 28, Versuch 46, eine Abnahme und die Curve einen Knick, welche bei den früher untersuchten Curven vermisst werden. Möglicherweise entspricht dieser der mehrerwähnten Inflection, welche hier dem Anfangspunkte der Curve näher gerückt ist. Nachdem die Curve den Wendepunkt zurückgelegt hat, nimmt die Geschwindigkeit

immerfort ab — ein zweites Stadium der Geschwindigkeitszunahme findet sich nicht. Jedoch muss bemerkt werden, dass die Bewegungsgeschwindigkeit zuerst schnell, dann langsamer, endlich wieder schneller abnimmt. Dies kann nichts anderes bedeuten, als dass die Muskelkraft auch im späteren Verlauf der Curve die Belastung beeinflusst hat, was seinerseits erlaubt zu schliessen, dass die Curve die Form der Bewegung des Muskels ziemlich getreu darstellt. Die Spannungszunahme im Beginn der Zuckung ist ziemlich beträchtlich gewesen, und zwar fast 43%, etwa 27 % der Belastung des Muskels entsprechend. Die Zuckung ist also nicht besonders „isotonisch“ gewesen.

Bei Versuchen mit geringerer Belastung und derselben Anordnung sind die Spannungsschwankungen selbstverständlich kleiner gewesen. Jedenfalls dürfte die plötzliche initiale Spannungssteigerung, welche bei dieser Versuchsanordnung, besonders bei grosser Belastung, stattfindet, beachtet werden müssen, wenn die Kraftentwicklung bei isotonischen und bei auxotonischen Zuckungen verglichen werden soll.

#### Siebentes Capitel.

##### **Bewegungsgeschwindigkeit und Kraftentwicklung bei auxotonischen Zuckungen.**

Wegen der Vergleichung mit den isotonischen Zuckungen habe ich auch einige auxotonische hinsichtlich des Verlaufes der dabei stattfindenden Spannungsschwankungen untersucht. Die Versuche wurden mit dem (S. 143 u. f.) oben beschriebenen Myographen ausgeführt. Gerade unter den Angriffspunkt des Muskels hing an einem Faden eine Spiralfeder; eine an dieser Feder befestigte Gewichtsschale wurde belastet, bis der Schreibhebel, die Feder, die Gewichtsschale und das Gewicht zusammen die beabsichtigte Spannung dem Muskel ertheilten. Darnach wurde das untere Ende der Feder unbeweglich fixirt und der Muskel gereizt.

Bei der Bestimmung der Spannungsschwankungen verfuhr ich hier folgendermassen. Für eine Zahl von Punkten der Curve, welche photographisch vergrössert worden ist, wurden die Ordinaten gemessen. Nach den nothwendigen Reductionen wurde dann an der Spannungscurve der Spiralfeder die Spannungszunahme, welche diese in dem betreffenden Moment erlitten hatte, bestimmt. Die Spannungszunahme des Muskels musste gleich gross sein. Selbstverständlich hatte der Muskel auch Kraft entwickelt, um der Masse des Schreibhebels eine gewisse Geschwindigkeit zu ertheilen. Der Zuschuss von Kraft, welcher zu diesem Zwecke nöthig gewesen war, ist aber so gering gewesen (nach einer

approximativen Berechnung höchstens 2%, im allgemeinen weit weniger), dass ich denselben vernachlässigt habe. Die unten mitzutheilenden Werthe der Spannungszunahme in den betreffenden Momenten  $P$ , sowie der ganzen dabei entwickelten Spannung  $Q$ , sind also ein wenig zu klein. Die Spalte  $T$  bezeichnet wie gewöhnlich die Zeit, vom Beginn der Zuckung an gerechnet. Die Spalte  $Rh$  enthält die Ordinaten der Zuckung in den betreffenden Momenten. Die Spalte  $V$  giebt die mittlere Geschwindigkeit zwischen den an der Curve bestimmten Punkten approximativ an.

Tabelle V.

Versuch 5. 10. November 1890. Temperatur etwa 15.5° C.

Curve Nr. 1 b. Feder  $E$  (schwach). Gesamtbelastung = 15%. Zuckungshöhe = 1.35 mm. Culmenzeit = 0.052". Spannungszunahme während der Zuckung = 122.7%; Spannung am Maximum der Zuckung = 137.7%. Mechanische Arbeit = 111.25 gmm.

$T$	$Rh$	$V$	$P$	$Q$
	mm	mm	g	g
0.0032	0.052	15	7.5	22.5
0.0053	0.139	38	11.7	34.2
0.0080	0.291	52	17.8	52.0
0.0107	0.471	62	16.3	68.3
0.0132	0.639	56.6	14.3	82.6
0.0159	0.779	48	12.4	95.0
0.0187	0.866	29	8.0	103.0
0.0213	0.895	10.4	5.0	108.0
0.0266	0.895	0	0	108.0
0.0319	0.982	15	4.0	112.0
0.0425	1.325	29.8	22.5	134.5
0.0530	1.350	2.5	3.2	137.7

Curve Nr. 1 c. Feder  $B$  (stark). Belastung = 15%. Zuckungshöhe = 1.099 mm. Culmenzeit = 0.042". Spannungszunahme = 473%; Spannung am Maximum der Zuckung = 488%. Mechanische Arbeit = 323 gmm.

$T$	$Rh$	$V$	$P$	$Q$
	mm	mm	g	g
0.0032	0.058	16.6	55	70
0.0053	0.139	35.2	68	138
0.0080	0.279	48.3	72	210
0.0107	0.436	54.1	66	276
0.0132	0.575	49.6	66	342
0.0159	0.657	28.3	19	361

<i>T</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
	mm	mm	g	g
0.0187	0.680	7.7	9	370
0.0213	0.668	negativ	—	—
0.0266	0.662	negativ	—	—
0.0319	0.825	25.0	41.5	411.5
0.0425	1.098	23.7	76.5	488

Curve Nr. 7b. Feder *E*. Belastung = 80<sup>g</sup>. Culmenzeit = 0.053<sup>''</sup>. Spannungszunahme = 129.2<sup>g</sup>; Spannung am Maximum der Zuckg. = 209.2<sup>g</sup>. Mech. Arb. = 248<sup>mm</sup>.

<i>T</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
"	mm	mm	g	g
0.0022	0.018	7.5	2.0	82.0
0.0055	0.174	43.3	11.4	93.4
0.0082	0.311	47.2	9.8	103.2
0.0109	0.485	58.0	13.4	116.6
0.0137	0.629	48.0	11.2	127.8
0.0165	0.725	32.0	7.2	135.0
0.0191	0.779	18.4	4.2	139.2
0.0219	0.797	6.0	1.3	140.5
0.0274	0.899	17.0	7.5	148.0
0.0328	1.138	40.5	18.4	166.4
0.0438	1.420	23.7	23.6	190.0
0.0534	1.680	25.0	19.2	209.2

Curve Nr. 7c. Feder *B*. Belastung = 80<sup>g</sup>. Zuckungshöhe = 0.98<sup>mm</sup>. Culmenzeit = 0.053<sup>''</sup>. Spannungszunahme = 278<sup>g</sup>. Spannung am Maximum der Zuckung = 338<sup>g</sup>. Mechanische Arbeit = 244.49<sup>mm</sup>.

<i>T</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
	mm	mm	g	g
0.0022	0.019	7.5	12	92
0.0055	0.108	25.0	40	132
0.0082	0.198	31.0	40.6	172.6
0.0109	0.300	34.0	41.4	214.0
0.0137	0.371	23.7	20.7	234.7
0.0165	0.413	14.0	10.8	245.5
0.0191	0.431	6.2	4.5	250.0
0.0219	0.449	6.0	6.0	256.0
0.0274	0.533	14.0	16.0	272.0
0.0328	0.677	24.4	27.0	299.0
0.0438	0.791	9.6	21.6	320.6
0.0534	0.980	15.7	37.4	358.0



Die Geschwindigkeit der Bewegung hat bei diesen Zuckungen die der entsprechenden isotonischen Contractionen nicht erreicht, was wegen der Spannungszunahme ganz natürlich erscheint (jedoch ist das Maximum der Geschwindigkeit beim Versuch 5, Nr. 7 *b* etwa dasselbe wie beim Versuch 2, Nr. 7 *a* und *b*). Das Maximum der Geschwindigkeit wird bei diesen Versuchen mit grosser Regelmässigkeit etwas später als 0.01" nach dem Beginn der Zuckung erreicht, unabhängig von der Grösse der Belastung und auch davon, ob die Spannung mit 36.6  $\text{g}$  (Curve Nr. 7 *b*) oder mit 261  $\text{g}$  (Curve 1 *c*) zugenommen hat. Bei diesen beiden Zuckungen unterscheiden sich die Geschwindigkeitsmaxima nicht viel von einander (58  $\text{mm}$  im ersten, 54  $\text{mm}$  im zweiten Falle): dies bezeugt eine beträchtlich grössere Kraftproduction in dem letzteren Falle (Nr. 1 *c*).

Die Inflection ist an diesen Curven sehr stark ausgeprägt. Da, wo die Spannung sehr hohe Werthe erreicht, wie bei der Curve Nr. 1 *b* und noch mehr bei Nr. 1 *c*, hat bei der Inflection die Bewegung nach oben ganz aufgehört und sogar eine geringe Verlängerung des Muskels stattgefunden; in diesem Falle hatte die Spannung des Muskels um 355  $\text{g}$  zugenommen.

Bemerkenswerth erscheint ferner, dass bei den Zuckungen Nr. 1 *b* und Nr. 1 *c* die Bewegungsgeschwindigkeit im Anfange ungefähr gleich gross ist, während bei jener die Spannung 0.0053" nach dem Beginn der Zuckung nur etwas mehr als verdoppelt worden ist, bei dieser mehr als 9 mal zugenommen hat — ein auffälliges Beispiel wie die Kraftentwicklung des Muskels von dem während der Zuckung stattfindenden Widerstand beeinflusst wird.

Die grösste Spannungszunahme findet sich auch bei diesen Zuckungen gleich im Beginn derselben; (die grosse Zunahme der Spannung, die sich am Ende der betreffenden Zuckungen (in Tab. V) scheinbar darstellt, ist von den längeren Zeitintervallen bedingt). Wenn wir die initiale Spannungszunahme bei diesen auxotonischen Curven mit der bei „Wurfanordnung“ und entsprechender Anfangsspannung vergleichen (vgl. Tab. I, Nr. 2 *b* und 7 *b*), so finden wir, dass bei 15  $\text{g}$  Anfangsspannung die Spannung bei den auxotonischen Curven, auch wenn die Feder schwach ist, schneller als bei den Wurfcuren ansteigt. In dem zuerst untersuchten Punkte der Wurfcurve 2 *b* (Tab. I) ist die Spannung 27.13  $\text{g}$ , in der auxotonischen Curve 1 *b* (schwache Feder, Tab. V) ist sie nur 22.5  $\text{g}$ . Bei dem folgenden Punkte aber, wo die Spannung der Wurfcurve ihr Maximum schon erreicht hat, ist diese kleiner als die Spannung der auxotonischen Curve im entsprechenden Zeitpunkte. In einem

noch höheren Grade ist dies beim Vergleich mit den isotonischen Curven der Fall (vgl. Tab. III).

Bei 80° Initialspannung und „Wurfanordnung“ (Tab. I, Nr. 7b) steigt dagegen die Spannung unmittelbar im Beginn schneller und erreicht höhere Werthe als bei der entsprechenden auxotonischen Curve (Tab. V, Nr. 7b). Dies ist von einer gewissen Bedeutung, weil eine ähnliche Erscheinung gewiss in vielen Fällen bei den Versuchen mit meinem gewöhnlichen Myographen stattgefunden hat, indem nämlich eine sog. isotonische Curve unmittelbar in ihrem Anfang eine grössere Spannungszunahme als die entsprechende auxotonische Curve gezeigt hat, besonders wenn letztere mit einer schwachen Feder und grösserer Initialspannung ausgeführt worden ist. Wenn wir finden, mit welcher grossen Empfindlichkeit der Muskel auf die Schwankungen des Widerstandes reagirt, und ferner wenn wir bedenken, dass eine stärkere Spannungszunahme im Beginn der Zuckung geeignet ist die Contraction der blassen Muskelfasern abzukürzen und die kräftigeren, rothen Fasern früher und intensiver in Thätigkeit zu versetzen, können wir hier eine Erklärung der zuweilen zu beobachtenden Erscheinung, dass die mechanische Leistung einer isotonischen Zuckung grösser als die einer auxotonischen bei gleich grosser Initialspannung sein kann, möglicherweise finden.

Der folgende Versuch, mit der in Tab. IV, S. 172 mitgetheilten isotonischen Zuckung verglichen, scheint in einem gewissen Grade diese Auffassung zu stützen.

Tabelle VI.

Versuch 46. Curve Nr. 29 (Fig. 5). Auxotonische Anordnung, im Uebrigen wie bei der in Tab. IV analysirten Zuckung. Feder B. Anfangsspannung = 155 g. Zuckungshöhe = 1.148 mm. Culmenzeit = 0.056". Spannungszunahme = 41.2 g. Spannung am Maximum der Zuckung = 196.5 g. Mechanische Arbeit = 192.44 <sup>mm</sup>.

<i>T</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
"	mm	mm	g	g
0.0034	0.034	11.15	1	156.0
0.0056	0.120	28.0	3.4	159.4
0.0085	0.255	44.0	4.6	164.0
0.0113	0.338	27.1	3.5	167.5
0.0142	0.399	19.9	2.9	170.4
0.0169	0.448	16.0	2.1	172.5
0.0198	0.524	24.8	3.1	175.6
0.0226	0.646	39.8	4.4	180.0
0.0254	0.737	29.7	3.0	183.0

<i>T</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
	mm	mm	g	g
0.0282	0.790	17.3	1.7	184.7
0.0311	0.842	17.0	1.8	186.5
0.0339	0.912	22.8	2.5	189.0
0.0367	0.984	23.5	2.5	191.5
0.0396	1.020	11.7	1.3	192.8
0.0424	1.053	10.8	1.1	193.9
0.0452	1.079	8.5	0.8	194.7
0.0480	1.102	7.5	0.7	195.4
0.0509	1.129	8.8	0.5	195.9
0.0536	1.140	3.6	0.2	196.1
0.0565	1.148	2.6	0.1	196.3

Aus einem Vergleich zwischen dem jetzt mitgetheilten Versuche und dem in Tabelle IV bei demselben Muskel, Apparat und Anfangsspannung, aber mit sog. isotonischer Anordnung ausgeführten Versuche geht u. a. hervor, dass die auxotonische Zuckung in ihrem Beginn steiler heraufsteigt (was schon aus der Gestalt der Curven, Fig. 5, ersichtlich ist), früher das Maximum der Geschwindigkeit erreicht, schon 0.01 " nach dem Beginn der Zuckung, während die Spannung ziemlich gleichmässig und ganz allmählich zunimmt. Nach zurückgelegtem Maximum der Geschwindigkeit folgt die Inflection, wonach die Bewegungsgeschwindigkeit nochmals zunimmt. An der isotonischen Curve (Tab. IV) erscheint gleich im Anfange eine beträchtliche Spannungszunahme, grösser als bei dem entsprechenden Zeitpunkte der auxotonischen Curve, nach welcher schon 0.005—0.008 " nach dem Beginn der Zuckung die Inflection folgt. Erst später und nach einer weiteren Spannungszunahme folgt das Geschwindigkeitsmaximum, nach welchem die Geschwindigkeit in der oben erwähnten Weise immerfort abnimmt. Die mechanische Arbeit ist im letzteren Falle grösser als bei der ersteren. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass der grössere Widerstand, der sich wegen der Trägheit der Belastung im Beginn der isotonischen Zuckung geltend gemacht und die grössere initiale Spannungszunahme in diesem Falle bedingt hat, die Kraftentwicklung günstig beeinflusst und also eine grössere mechanische Arbeit, als bei der auxotonischen Zuckung hervorgeufen hat. Ferner hat wohl die verhältnissmässig geringere Arbeit bei der auxotonischen Zuckung auch ihre Ursache wesentlich darin gehabt, dass die Feder so schwach gewesen, dass die Spannungszunahme auch während des späteren Theiles der Zuckung nur ganz langsam

stattgefunden hat, und also der Muskel zu keiner stärkeren Kraftentwicklung stimulirt worden ist.

#### Achtes Capitel.

##### **Bewegungsgeschwindigkeit und Kraftentwicklung bei Wurfbewegungen mit trägen, equilibrirten Massen.**

Zum Vergleich mit den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen ist es von einem nicht geringen Interesse, die Grösse der Kraftentwicklung bei Zuckungen mit trägen, equilibrirten Massen zu untersuchen.

In dieser Richtung sind, wie schon erwähnt, Versuche von Fick, Blix und Starke ausgeführt worden. Ich selbst habe keine Gelegenheit gehabt derartige Versuche zu machen. Da es jedoch von Nutzen erschien an derartigen Curven die hier angewandte Berechnungsweise zu prüfen, hat Herr Professor Tigerstedt Versuche, die er in Leipzig im Jahre 1884 bei seiner Untersuchung über die Latenzdauer der Muskelzuckung ausgeführt hat, zu meiner Verfügung gestellt.

Bei diesen Versuchen bestand der Schreibhebel aus einem, um eine horizontale Achse beweglichen Strohhalme von 120<sup>mm</sup> Länge. An dessen Ende war eine Schreibvorrichtung der oben (S. 144) erwähnten Art angebracht. An der Achse war ein Ebonitstück, dessen Enden sich 20<sup>mm</sup> nach jeder Seite erstreckten, befestigt. Jedes Ende dieses Stückchens trug eine kleine Oese, an welcher Gewichte angehängt werden konnten. Der ganze Schreibhebel u. s. w. wog 14<sup>g</sup>. Der Angriffspunkt des Muskels am Hebel lag in einer Entfernung von 24<sup>mm</sup> von der Achse. Die Vergrößerung der Zuckung war also genau 5 mal. Die auf den Muskel wirkende Last betrug nur 4<sup>g</sup>.

Da ich keine Gelegenheit gehabt habe, den betreffenden Apparat zu untersuchen, kann ich das Gewicht seiner einzelnen Theile nicht genau angeben. Um aber eine approximative Berechnung zu ermöglichen und da die Dimensionen des Schreibhebels etwas gröber als diejenigen des von mir oben beschriebenen waren, habe ich angenommen, dass die Schreibvorrichtung am Ende des Hebels etwa 0.4<sup>g</sup> und der Strohhalme (nebst den daran befindlichen kleinen Fassungen für den Faden zum Muskel u. s. w.) 0.8<sup>g</sup> wogen.<sup>1</sup> Der übrige Theil des Appa-

<sup>1</sup> Wenn das Gewicht des Strohhalmes =  $x$ , das der kleinen Schreibvorrichtung = 0.4<sup>g</sup>, wenn ferner der Schwerpunkt des Strohhalmes in 60<sup>mm</sup> Entfernung von der Achse liegt und der gesammte Hebel bei 24<sup>mm</sup> Entfernung von dieser 4<sup>g</sup> wiegt, erhalten wir

$$\begin{aligned} 0.4 \times 120 + 60 \times x &= 4 \times 24 \\ x &= 0.8^g. \end{aligned}$$

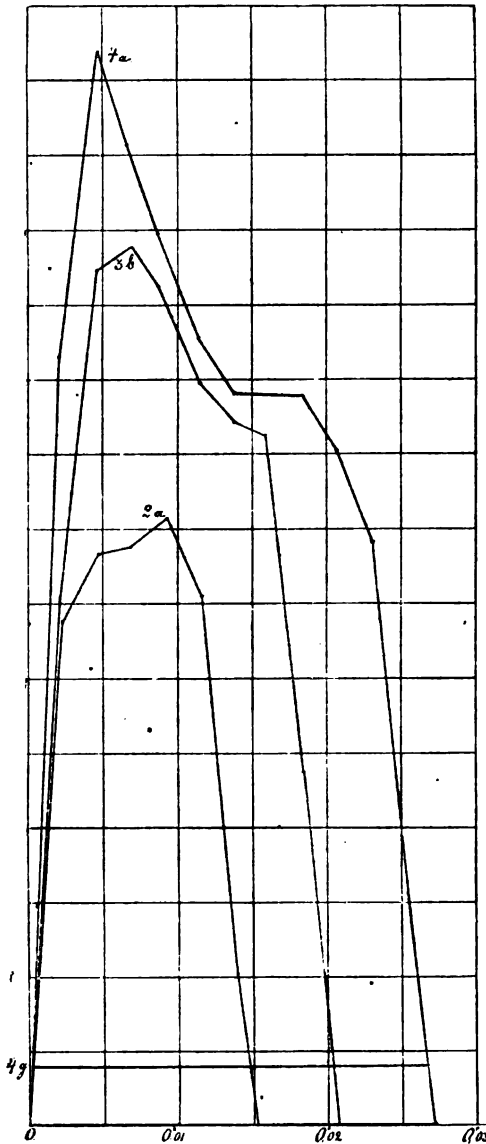


Fig. 6.

Spannungscurven, den Gang der initialen Spannungssteigerung im Verhältniss zum zeitlichen Verlauf der Zuckung bei Versuchen mit trägen equilibrirten Massen angehend (vgl. Tab. VII). Die Entfernungen an der Abscisse geben 0.01" an; an den Ordinaten bezeichnet ein grosser Theilstrich eine Spannungszunahme von ungefähr 6.7°. Anfangsspann. = 4°. Die Scala der Ordin. ca. doppeltso gross wie in Fig. 4.

rates wiegt dann 12.8°. Diese 12.8° habe ich als an einem cylindrischen, um eine durch seine Mitte gehenden Achse beweglichen Stabe von 40 mm Länge gleichmässig vertheilt, betrachtet. Das Trägheitsmoment wird hierdurch etwas zu gross; aber statt dessen müssen die Friction und der Luftwiderstand vernachlässigt werden. Die Trägheitsmomente der einzelnen Theile werden dann:

für den Strohalm

$$\frac{0.8 \times (120)^2}{9820 \times 3} = 0.391;$$

für die Schreibfeder

$$\frac{0.4 \times (120)^2}{9820} = 0.587;$$

für den equilibrirten Hebel

$$\frac{12.8 \times (40)^2}{9820 \times 12} = 0.174;$$

für sämtliche Theile

$$= 1.152.$$

Die Gewichte, welche an den Enden des equilibrirten Ebonitstückes angebracht waren, wogen resp. je 20, 50 oder 100°. Wenn die Masse eines derartigen Gewichtes  $M$  und dessen Hebelarm  $k$  ist, so ist das Trägheitsmoment der beiden zusammen angewendeten Gewichte

$$2 Mk^2.$$

Die zu analysirenden Curven sind wie die übrigen photographisch vergrößert, und zwar 1.38 mal. Im Uebrigen sind sie wie die früheren untersucht, nur erstreckte sich die Untersuchung nicht weiter als etwas nach dem Wendepunkte. Der übrige, parabelförmige Theil der Curve bietet hier kein weiteres Interesse dar. 1<sup>mm</sup> der Abscisse des originalen Myogrammes entsprach eine Zeit von 0.0016". Die Entfernung der untersuchten Punkte an der Abscisse der Photographie betrug 2<sup>mm</sup>. Bei der Construction der Geschwindigkeitscurve entsprachen 2<sup>mm</sup> an der Abscisse der Photographie 6<sup>mm</sup> an derjenigen der Geschwindigkeitscurve. Im Uebrigen war die Scala der früheren gleich. Wenn also  $\operatorname{tg} \mu$  die trigonometrische Tangente des Winkels, welchen die Tangente der Geschwindigkeitscurve in einem einzelnen Punkte mit der Abscisse bildet, so ist der Ausdruck der Winkelacceleration

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{6 \times 1.38 \operatorname{tg} \mu}{120 \times 2 \times 29.7 \times (0.0016)^2}.$$

Wenn also der Hebelarm des Muskels  $R$ , die Belastung des Hebels am Muskel  $p$ , das Trägheitsmoment sämmtlicher Theile des Apparates  $T$ , das der Gewichte  $2Mk^2$  und die Winkelacceleration  $\frac{d\omega}{dt}$  ist, so berechnet sich die Muskelkraft  $Q$  nach der Formel

$$QR - pR = (T + 2Mk^2) \frac{d\omega}{dt}$$

oder numerisch für den Fall, dass die 20<sup>g</sup> schweren Gewichte benutzt worden sind

$$24Q - 4 \times 24 = (1.152 + 1.629) \times \frac{6 \times 1.38 \operatorname{tg} \mu}{120 \times 2 \times 29.7 \times (0.0016)^2}.$$

Die vorliegenden Versuche wurden an dem curaresirten, 35<sup>mm</sup> langen Froschgastrocnemius ausgeführt. Die Reizung geschah mit maximalen Oeffnungsinductionsschlägen, welche durch den Muskel geleitet wurden.

Tabelle VII.

Curve Nr. 2 a (vgl. Fig. 2 u. 6) 40<sup>g</sup> träge Masse, ausser dem beweglichen Theile des Apparates. Belastung: Schreibhebel allein (4<sup>g</sup>). Reduc. Wurfhöhe = 6.5<sup>mm</sup>. Culmenzeit = 0.0905". Zeitdifferenz zwischen den untersuchten Punkten = 0.0023".

$T$	$\operatorname{tg} \alpha$	$V$	$A$	$\operatorname{tg} \mu$	$P$	$Q$
		mm	m in 1"		g	g
0.0023	0.082	10.3	+ 7.5	+0.687	+36.1	40.1
0.0046	0.287	39.5	+ 9.8	+0.900	+47.3	51.3
0.0069	0.445	55.6	+ 9.9	+0.913	+48.0	52.0
0.0092	0.651	81.4	+10.5	+0.966	+50.8	54.8
0.0115	0.848	106.0	+ 7.5	+0.895	+36.6	40.6
0.0138	0.952	119.0	+ 1.7	+0.158	+ 8.3	12.3
0.0161	0.938	117.3	- 3.9	-0.364	-19.1	—

U. S. W.

Curve Nr. 3 b. 100<sup>g</sup> träge Masse; im Uebrigen wie bei 2 a. Wurfhöhe = 7.98 mm. Culmenzeit = 0.1195".

<i>T</i>	tg $\alpha$	<i>V</i>	<i>A</i>	tg $\mu$	<i>P</i>	<i>Q</i>
		mm	m in 1"		g	g
0.0023	0.052	6.5	+4.7	+0.435	+43.1	47.1
0.0046	0.198	24.8	+8.1	+0.744	+73.6	77.6
0.0069	0.344	43.0	+8.3	+0.767	+75.9	79.9
0.0092	0.488	61.0	+7.9	+0.727	+71.9	75.6
0.0115	0.625	78.1	+6.9	+0.640	+64.4	68.4
0.0138	0.745	93.1	+6.5	+0.601	+59.5	63.5
0.0161	0.869	108.6	+6.4	+0.589	+58.3	62.3
0.0184	0.983	122.9	+2.4	+0.227	+27.4	31.4
0.0207	0.983	122.9	-0.76	-0.070	- 6.9	—

u. s. w.

Curve Nr. 4 a. 200<sup>g</sup> träge Masse. Wurfhöhe = 8.04 mm. Culmenzeit = 0.1253".

<i>T</i>	tg $\alpha$	<i>V</i>	<i>A</i>	tg $\mu$	<i>P</i>	<i>Q</i>
		mm	m in 1"		g	g
0.0023	0.026	3.3	+4.07	+0.374	+65.8	69.8
0.0046	0.158	19.8	+5.8	+0.534	+94.0	98.0
0.0069	0.249	31.1	+5.29	+0.486	+85.5	89.5
0.0092	0.340	42.5	+4.78	+0.439	+77.3	81.3
0.0115	0.424	53.0	+4.18	+0.384	+67.6	71.6
0.0138	0.499	62.4	+3.85	+0.354	+62.3	66.3
0.0161	0.573	71.6	+3.85	+0.354	+62.3	66.3
0.0184	0.644	80.5	+3.85	+0.354	+62.3	66.3
0.0207	0.713	89.1	+3.54	+0.325	+57.2	61.2
0.0230	0.767	95.9	+3.0	+0.277	+48.8	52.8
0.0253	0.817	102.1	+0.99	+0.091	+16.0	20.0
0.0276	0.801	100.1	-0.68	-0.063	-11.1	—

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass — in Uebereinstimmung mit dem von Starke gefundenen — bei constanter Belastung und zunehmendem Trägheitsmoment die Wurfhöhe, ebenso wie die Culmenzeit und die Zeit bis zum Erreichen des Wendepunktes (des Maximum der Geschwindigkeit) bis zu einer gewissen Grenze zunehmen. Bei einer den Versuchen Tigerstedt's entstammenden Zuckung, bei welchem der Muskel den Hebel allein ohne träge Massen zu bewegen hatte, waren, wie aus der Fig. 2, Nr. 1 b hervorgeht, die Zuckungshöhe

und die Culmenzeit beträchtlich geringer, der Zeitpunkt bis zum Erreichen des Wendepunktes kürzer, das Maximum der Geschwindigkeit aber grösser als bei den Zuckungen mit grösseren, trägen, equilibrirten Massen. Die Schwankungen der Geschwindigkeit u. s. w. bei den verschiedenen Fällen geht aus den Curven (Fig. 2) und aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

Tabelle VIII.

Trägheitswiderstand	Zuckungshöhe	Culmenzeit	Wendepunktszeit	Maximum der Geschwindigkeit
	mm	"		mm
Hebel allein . . . . .	3.78	0.0470	0.010	144
„ + 40 <sup>s</sup> equilibr. Massen	6.50	0.0905	0.015	119
„ + 100 <sup>s</sup> „ „	7.98	0.1195	0.020	128
„ + 200 <sup>s</sup> „ „	8.04	0.1253	0.027	102

Das Maximum der Geschwindigkeit ist also am grössten, wenn nur der Hebel allein in Bewegung zu setzen ist, geringer bei 40 und 100<sup>s</sup>, am geringsten bei 200<sup>s</sup> equilibrirten Massen.

Der Zeitverlauf der initialen Spannungszunahme zeigt bei zunehmendem Trägheitsmoment ein den Wendepunkts- und Culmenzeiten entgegengesetztes Verhalten: die Spannung steigt bei Zunahme des Trägheitswiderstandes schneller zum Maximum. Dagegen nimmt sie bei grösserem Trägheitsmoment immer langsamer von diesem Maximum ab, bis sie in dem Wendepunkt wieder der Anfangsspannung gleich wird (vgl. die Spannungscurven, Fig. 6). Das Maximum der Spannung wird bei der Curve Nr. 2 *a* (Tabelle VII) erst bei 0.01", bei der Curve Nr. 3 *b* bei etwa 0.007", bei der Curve Nr. 4 *a* bei etwa 0.005" nach dem Beginn der Zuckung erreicht. Je grösser die zu bewegenden Massen sind, um so langsamer findet anfänglich die Bewegung statt, um so mehr nähert sich der Muskel den Verhältnissen, welche bei vollständig verhinderter Contraction stattfinden, wo nach Fick die Spannung viel schneller als bei zugegebener Verkürzung zunimmt. In diesen Umständen liegt wahrscheinlich die Erklärung des zeitlichen Verlaufes der Spannungszunahme und auch der erstaunend hohen Werthe, die ich für die Spannungszunahme gefunden und welche in der That viel zu gross im Verhältniss zum Gewichte des zu bewegenden Apparates erscheinen. Der bei der Rechnung erhaltene Werth ist aber nicht nur von der Grösse der Massen sondern auch von ihrem Trägheitsmoment, also auch von deren Entfernung von der Achse, sowie von der im Beginn der



Zuckung und besonders bei geringen, trägen Massen, sehr beträchtlichen Acceleration abhängig (vgl. Tab. VII, Curve 2 a, Columne A).

Eine interessante Beleuchtung erhalten diese Verhältnisse durch die Untersuchung, wie viel sich der Muskel in den einzelnen Fällen verkürzt hat, wenn die Bewegung ihr Geschwindigkeitsmaximum erreicht hat, d. h. durch die Bestimmung der Wendepunktsordinate oder der Gleichgewichtshöhe. Starke hat gezeigt, dass diese bei constanter Initialspannung und zunehmendem Trägheitsmoment bis zu einer gewissen Grenze zunimmt, welche im allgemeinen mit derjenigen, wo das Arbeitsmaximum erreicht wird, zusammenfällt, dass aber die Zunahme der Gleichgewichtshöhe gegen die der Wurfhöhe gering ist. Bei den von mir analysirten, in Tabelle VII mitgetheilten Versuchen waren die Gleichgewichtshöhen bei

		Entsprechende Zuckungshöhe bei Hebel allein
	mm	mm
40 * trägen Massen	0.83	1.46
100 " "	1.09	2.00
200 " "	1.44	2.88

Beim Vergleich der Gleichgewichtshöhe mit den in der Spalte nach rechts mitgetheilten Werthen, welche zeigen, wie viel der Muskel, ohne in seiner Bewegung durch träge Massen verhindert zu werden, sich zu derselben Zeit verkürzt hat, ergibt sich, dass der Muskel durch die trägen Massen in einem sehr beträchtlichen Grade bei seiner Bewegung gehemmt worden ist. Da ferner der Hebel, obgleich er ganz leicht war, dennoch, wie die Formel (S. 180) zeigt, einen nicht ganz unbeträchtlichen Trägheitswiderstand ausgeübt hat, dürfte man annehmen können, dass sich der Muskel bei einem minimalen Trägheitswiderstand etwa doppelt so hoch bei den Wendepunkten der Wurfcurven entsprechenden Zeitabschnitten contrahirt hätte. Wenn wir uns endlich daran erinnern, dass die Zeiten, welche bei den betreffenden Wurfzuckungen bis zum Erreichen der Wendepunkte verfiessen, etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  (bei 40 \* träger Masse) bis  $\frac{1}{2}$  (bei 200 \* träger Masse) derjenigen Zeit (0.05") betragen, während welcher im allgemeinen die Kraftentwicklung im Muskel nach einem einzelnen Inductionsschlage dauert,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nach der Zuckung mit dem Hebel allein zu urtheilen, hat in diesem Falle die betreffende Zeit 0.046" betragen. Diese Zeit ist mit der Culmenzeit der Wurfbewegung, welche viel grösser ist, nicht zu verwechseln.

so geht daraus hervor, dass die Bedingungen einer beträchtlichen Spannungszunahme in der That vorhanden sind.

Vielleicht noch prägnanter tritt dies hervor, wenn man bei diesen sämtlichen Curven den Grad der Verkürzung bei einem bestimmten frühzeitigen Zeitabschnitt der Zuckung, z. B. 0.0115" nach ihrem Anfang, vergleicht. Ich nehme an, dass sämtliche Curven in dem Zeitabschnitte beginnen, wo sich die Curve des nur mit dem Hebel allein belasteten Muskels von der Abscisse erhebt, ein Verfahren, dessen Berechtigung daraus ersichtlich ist, dass die Latenzdauer der betreffenden Zuckungen fast gleich ist.

Anordnung	Zuckungshöhe
	mm
Hebel allein	1.10
„ + 40 <sup>g</sup> träge, equilibrirte Massen	0.52
„ + 100 <sup>g</sup> „ „ „	0.42
„ + 200 <sup>g</sup> „ „ „	0.31

Es ist selbstverständlich, dass die Umstände, welche die hier angeführten Werthe anschaulich machen, in einem hohen Grade das Entstehen einer starken initialen Spannungszunahme bewirken sollen.

Bei der Zuckung Nr. 2 a (Tab. VII), wo 40<sup>g</sup> träge Masse und der Hebel bewegt werden sollten, wurde die Spannung auf 50.8<sup>g</sup>, bei Nr. 3 b (100<sup>g</sup> träge Masse und der Hebel) mit 75.9<sup>g</sup> und bei Nr. 4 a (200<sup>g</sup> träge Masse und der Hebel) mit 94<sup>g</sup> erhöht. Wenn die Gewichte der Massen wie 1:2.5:5 oder die Trägheitsmomente wie 1:1.9:3.34 zunehmen, so nehmen die Maxima der Spannungszunahme wie 1:1.5:1.8, also langsamer als die Schwere und das Trägheitsmoment der Gewichte, zu.

Wenn man die starke Spannungssteigerung, welche im Beginn dieser Zuckungen mit trägen Massen stattfindet, berücksichtigt, so erscheinen die beträchtlichen Wurfhöhen nicht so erstaunend gross, besonders als diese Massen zum grössten Theil den Muskel nicht belasten, sondern equilibriert, von der Schwerkraft nicht beeinflusst sind, und einmal in Bewegung versetzt eben wegen ihrer Trägheit fortsetzen sich zu bewegen, bis der Einfluss der Schwerkraft an dem nicht equilibrierten Theile des Apparates in Verbindung mit der Friction und dem Luftwiderstand die Bewegung hemmen.

## Neuntes Capitel.

## Controle der Berechnung der Kraftentwicklung.

Um eine Vorstellung über das Verhältniss zwischen dem Verlauf der Kraftentwicklung und der Verkürzung des Muskels zu erhalten, habe ich die Curven (Fig. 7) construiert. In diesen bezeichnet die Abscisse die Zuckungshöhen in mm, die Ordinate die entsprechende Spannung in g.

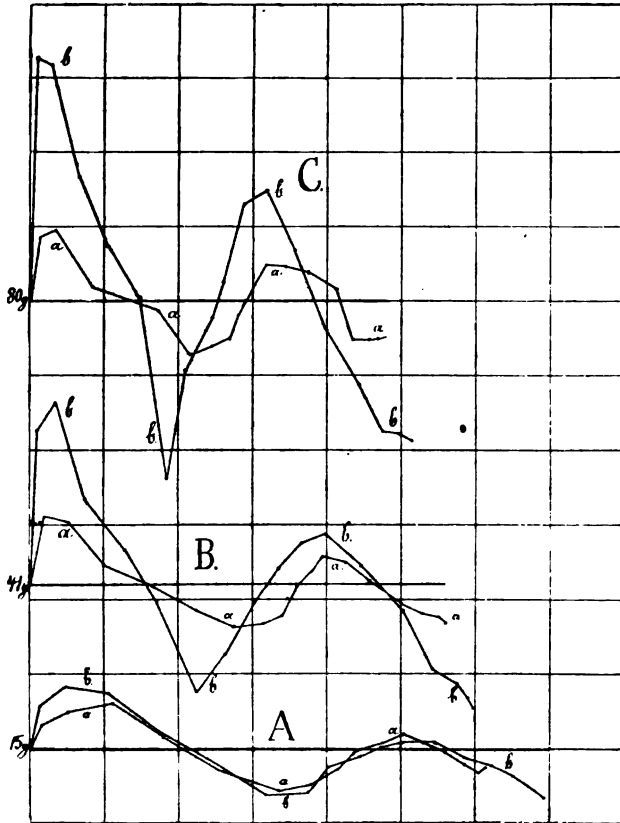


Fig. 7.

Spannungscurven, die Spannungsschwankungen im Verhältniss zu dem von dem beweglichen Muskelende durchlaufenen Wege bei einigen isotonischen (a) und einfachen Wurfzuckungen (b) angehend; vgl. Tab. I u. III. Die Curven A beziehen sich auf die Zuckungen Nr. 2 a u. b, die Curven B auf Nr. 4 a und b, die Curven C auf Nr. 7 a und b. 1<sup>mm</sup> der Abscisse entspricht 0.025<sup>mm</sup> Höhe der Zuckung; 1<sup>mm</sup> der Ordinate entspricht etwa 2.0–2.2<sup>g</sup> (ein grosser Theilstrich also 20–22<sup>g</sup>) Spannungszunahme.

Diese Curven, welche den Verlauf zwischen je zwei Punkten, wo die Geschwindigkeit 0 gewesen (den Anfangspunkt und das Culmen), darstellen, erlauben eine Controle der oben angeführten Berechnungen.<sup>1</sup> Aus diesen Curven kann man nämlich die Grösse der ausgeführten mechanischen Arbeit berechnen und den dabei erhaltenen Werth mit der als Product der Zuckungshöhe und Belastung gefundenen Arbeit vergleichen. Sind die Curven auf relativ richtige Berechnungen gestützt, so werden die beiden Werthe unter einander übereinstimmen.

Aus den betreffenden Curven wird die Arbeit erhalten durch die Bestimmung der Grösse der Fläche, welche von der Abscisse für die Spannung von 0<sup>s</sup>, von zwei durch die Endpunkte der Curve gehende Ordinaten und von der Curve selbst eingeschlossen ist. An der Abscisse bezeichnet 1<sup>mm</sup> eine Zuckungshöhe von 0.025<sup>mm</sup>; je 1<sup>mm</sup> der Ordinaten bedeutet 2.0—2.2<sup>s</sup> Spannungsschwankung; 1<sup>mm</sup> also eine Arbeit von 0.05—0.055<sup>gmm</sup>. Die Abscissen für 0<sup>s</sup>, welche, um die Figur nicht undeutlich zu machen, fortgelassen sind, liegen resp. 7.5, 19.5 und 36.4<sup>mm</sup> unterhalb der Linien für 15, 41 und 80<sup>s</sup>, welche die Initialspannungen für die einzelnen Curvenpaare angeben.

Tabelle IX.

Versuch	Nr.	Anordnung	Belastung	Mechanische Arbeit	
				aus den Curven der Fig. 7.	als Product der Zuckungshöhe und der Belastung
2			g	gmm	gmm
	2 a	isoton.	15	30.35	30.48
	4 a	„	41	76.51	76.67
	7 a	„	80	124.43	124.15
	2 b	Gewicht gerade unter d. Muskel	15	34.49	34.50
	4 b		41	81.86	81.84
	7 b		80	137.96	136.48

Die Uebereinstimmung ist so vollständig, wie man sie nur wünschen kann.

<sup>1</sup> Ich will hier bemerken, dass die Controle nur den Constructionen und Rechnungen, nicht aber den absoluten Spannungswerthen gilt, denn diese würden, wenn sie nur unter einander proportional geblieben wären, bei der Controle dasselbe Ergebniss, gleichgültig, ob sie klein oder gross gewesen, geliefert haben.

### Schlussfolgerungen.

1. Die an den Muskelcurven oft vorkommende Inflection ist nach allem zu urtheilen physiologisch und von der Form der Muskelbewegung selbst abhängig. Dass die Muskelcurve in ihrem ersten Anfange einen gegen die Abscisse convexen Verlauf darstellt, braucht nicht darauf hinzudeuten, dass die Bewegung einem beträchtlicheren, eine stärkere Spannungszunahme hervorruhenden Trägheitswiderstand begegnet hat.

2. Wenn bei Zuckungen, wo der Muskel von einem an seinem Angriffspunkt am Schreibhebel befestigten Gewicht belastet ist, die Geschwindigkeit der Bewegung und die Muskelkraft aus der Zuckungscurve berechnet werden, so sind die in dieser Weise erhaltenen Werthe ohne irgend einen größeren Fehler auch auf den Fall zu überführen, wo der Muskel ein an seinem freien Ende direct befestigtes Gewicht hebt.

3. Bei Zunahme der Belastung nimmt das Maximum der Bewegungsgeschwindigkeit während der Zuckung, jedoch nicht der Belastung proportional, sondern langsamer, zu.

Bei der Inflection nimmt die Bewegungsgeschwindigkeit im Verhältniss zum Maximum der Geschwindigkeit in einem höheren Grad ab, wenn die Belastung klein ist. Die secundäre Zunahme der Geschwindigkeit (nach der Inflection) ist dagegen bei grösserer Belastung nicht nur relativ, sondern auch absolut grösser, als bei einer geringeren Belastung. Die zuerst sich contrahirenden (blassen) Muskelfasern verkürzen sich am schnellsten (das Maximum der Geschwindigkeit findet vor der Inflection statt), ihre Contractionsfähigkeit nimmt aber sowohl in Bezug auf Geschwindigkeit wie auf Zuckungshöhe bei zunehmender Belastung ab. Die (rothen) Muskelfasern, deren Contraction an der Curve später hervortritt, verkürzen sich langsamer, ihre Contraction nimmt aber sowohl in Bezug auf Geschwindigkeit wie auf Höhe innerhalb gewisser Grenzen mit der Belastung zu.

4. In Bezug auf das Verhältniss zwischen dem zeitlichen Verlauf der Contraction und dem Gang der Schwankungen der Bewegungsgeschwindigkeit findet sich:

- a) dass die grösste Zunahme der Geschwindigkeit unmittelbar nach dem Beginn der Zuckung erscheint;
- b) dass das Maximum der Geschwindigkeit, der sog. erste Wendepunkt, etwa  $0.0100-0.0125''$  nach dem Beginn der Zuckung, ziemlich unabhängig von der Grösse der Belastung ( $15-80^g$ ), erreicht wird;

c) dass das Minimum der Geschwindigkeit bei der Inflection (der zweite Wendepunkt) etwa 0.019—0.025" nach dem Beginn der Zuckung, und zwar etwas früher bei grösserer Belastung hervortritt:

d) dass das zweite Maximum der Geschwindigkeit, der dritte Wendepunkt an den verschiedenen Curven etwa 0.030" nach dem Beginn der Zuckung stattfindet, wonach die Bewegungsgeschwindigkeit abnimmt, bis sie, als die Zuckung das Culmen erreicht, 0 wird (bei 0.045 mit der geringsten, 0.041 mit der grössten Belastung).

5. Die Wendepunktsordinaten oder die sog. Gleichgewichtshöhen (für den ersten Wendepunkt) sind bei entsprechenden isotonischen und sog. einfachen Wurfcuren einander ziemlich gleich und nehmen mit steigender Belastung nur wenig ab.

6. Die Acceleration des freien Muskelendes ist im Beginn der Zuckung sehr beträchtlich, und ist im Maximum bei directer Belastung eines mittleren Gewichtes (41<sup>g</sup>) 9.8<sup>m</sup> in 1", bei sog. isotonischen Zuckungen und demselben Gewichte 11.5<sup>m</sup>, und bei Zuckungen mit kleinen, equilibrirten Massen, 40<sup>g</sup> entsprechend, 10.5<sup>m</sup>.

Mit Ausnahme des späteren Theils der Zuckungen mit trägen, equilibrirten Massen ist die Abnahme der Acceleration bis zum Maximum der Zuckung in keiner einzigen der analysirten Zuckungen so gross gewesen, wie sie gewesen sein würde, wenn die Muskelkraft in irgend einem Punkte aufgehört hätte, auf die Belastung einzuwirken. Bei den betreffenden Zuckungen hat also kein Wurf des Schreibhebels und des Gewichtes stattgefunden.

7. Wenn der Muskel unter Vermittlung des Schreibhebels ein ihn direct belastendes Gewicht hebt, steigt die Spannung sehr schnell, erreicht schon 0.005" oder früher nach dem Beginn der Zuckung ihr Maximum, nimmt bis zum ersten Wendepunkt, wo die Spannung gleich der initialen ist, ab und sinkt dann schnell noch tiefer bis auf ein Minimum, welches dem Beginn der Inflection entspricht und etwa 0.015" nach dem Beginn der Zuckung erscheint. Sodann nimmt die Spannung in meinen Versuchen wieder zu, erreicht im zweiten Wendepunkte die Anfangsspannung, steigt noch weiter bis zu einem neuen Maximum, welches bei den analysirten Versuchen (Tabelle I) etwa 0.027" nach dem Beginn der Zuckung, also vor dem zweiten Geschwindigkeitsmaximum erreicht wird, um endlich wieder abnehmend im dritten Wendepunkt zum zweiten Mal gleich der Anfangsspannung zu werden und dann unter fortgesetzter Abnahme am Culmen ein neues Minimum zu erreichen.

8. Die Spannungsschwankungen während der Contraction sind grösser, je grösser die Belastung. Bei den sog. einfachen Wurfbewe-

gungen (Tab. I), ist das Maximum der Spannungszunahme etwa gleich der Anfangsspannung gewesen.

9. Bei soweit möglich isotonischer Anordnung der Versuche werden die Spannungsschwankungen, besonders bei grösserer Belastung, beträchtlich kleiner als bei den entsprechenden, einfachen Wurfbewegungen, weil im ersten Falle der Trägheitswiderstand der Belastung viel geringer als im zweiten Falle ist. Die isotonische Zuckung steigt daher im Anfang steiler auf. Später aber zeigt sie eine viel ausgeprägtere Inflection als die Wurfcurve, kreuzt diese und verläuft später im allgemeinen tiefer als die Wurfcurve, eine kleinere Höhe erreichend.

10. Bei auxotonischen Zuckungen ist die Bewegungsgeschwindigkeit im allgemeinen kleiner, als bei isotonischen oder Wurfcurven mit derselben Anfangsspannung. Auch bei den auxotonischen Zuckungen wird der Wendepunkt ziemlich constant etwa  $0.01''$  nach dem Beginn der Zuckung, von der Anfangsspannung und der Spannungszunahme während der Zuckung unabhängig, erreicht. Sogar bei einer beträchtlichen und schnellen Spannungszunahme während der Zuckung wird die Bewegungsgeschwindigkeit wenig geringer als bei einer kleinen und langsamer sich entwickelnden, was auf eine viel grössere Kraftentwicklung im ersten Falle hindeutet.

Die schnellste Spannungszunahme kommt auch bei den auxotonischen Zuckungen kurz nach dem Beginn der Zuckung vor, und im allgemeinen ist diese Zunahme grösser als bei den entsprechenden isotonischen und Wurfcurven. Bei einer grösseren Anfangsspannung kann indessen die initiale Spannungszunahme bei einer sog. isotonischen Zuckung grösser als im entsprechenden Zeitabschnitte bei einer auxotonischen Curve sein.

11. Bei Zuckungen mit constanter Anfangslänge und Anfangsspannung aber mit zunehmendem Trägheitswiderstand erheben sich die Curven immer langsamer von der Abscisse; hierbei nehmen, wie Starke gezeigt hat, Wurfhöhen, Culmenzeiten, Wendepunktszeiten und Gleichgewichtshöhen bis zu einer gewissen Grenze zu. Das Maximum der Geschwindigkeit ist aber ohne träge Massen grösser als mit solchen. Die Spannung steigt schneller und höher, je grösser der Trägheitswiderstand ist, und erreicht ihr Maximum etwa  $0.01-0.005''$  nach dem Beginn der Zuckung.

12. Wenn bei isotonischen oder sog. einfachen Wurfbewegungen die mechanische Arbeit aus den Variationen der Spannung während der Zuckung berechnet werden, so werden dieselben Werthe erhalten, wie bei der Berechnung der Arbeit als Product der Hubhöhe und der Belastung.

## Anhang.

Messungen der Höhe der ersten und der zweiten Elevation an dem aufsteigenden Ast auxotonischer, mit verschiedenen starken Federn ausgeführter Zuckungen.

Die Zuckungshöhen sind nicht auf die natürliche Höhe reducirt, also 15 mal vergrößert. Die Grenze zwischen der ersten und der zweiten Elevation ist dadurch bestimmt worden, dass, wenn nöthig unter Lupenvergrößerung, mittels einer feinen Nadel ein kleiner Strich an dem Punkte der Elevation, wo die Muskelbewegung am meisten retardirt erschien, gemacht worden ist. Die senkrechte Entfernung zwischen diesem Punkte und der Abscisse (Höhe der ersten Elevation = I) sowie zwischen demselben Punkte und dem Culmen (Höhe der zweiten Elevation = II) wurde darnach gemessen.

Die Versuche sind im Herbst 1886 ausgeführt.

## Versuch 29.

Nr.	Feder	Belastung	Zuckungshöhe	I. Höhe der ersten Elevation	II. Höhe d. zweiten Elevation	Relation zwischen I und II
		g	mm	mm	mm	
2	E	50	25.6	20.0	5.6	1:0.280
3	E	100	21.9	15.0	6.9	1:0.460
4	E	150	18.6	9.1	9.5	1:1.044
5	D	10	17.85	16.8	1.05	1:0.063
6	D	50	22.10	16.5	5.6	1:0.339
7	D	100	21.45	14.0	7.45	1:0.532
8	D	150	19.0	10.3	8.7	1:0.844
9	C	10	11.50	4.6	6.9	1:1.500
10	C	50	17.10	8.5	8.6	1:1.012
11	C	100	18.0	10.0	8.0	1:0.800
12	C	150	17.9	9.1	8.8	1:0.967
13	C	200	15.6	7.4	8.2	1:1.108
14	B	10	11.70	6.5	5.2	1:0.800
15	B	50	15.20	8.0	7.2	1:0.900
16	B	100	16.9	8.6	8.3	1:0.965
17	B	150	16.7	8.6	8.1	1:0.954
18	B	200	15.1	7.2	7.9	1:1.097
20	A	50	18.4	11.8	6.6	1:0.559
21	A	100	18.25	10.2	8.05	1:0.789
22	A	150	16.7	8.0	8.7	1:1.088



## Versuch 30.

Nr.	Feder	Be- lastung	Zuckungs- höhe	I. Höhe der ersten Elevation	II. Höhe d. zweiten Elevation	Relation zwischen I und II
		g	mm	mm	mm	
2	E	50	32.55	26.8	5.75	1:0.215
6	E	100	29.05	20.8	8.25	1:0.397
11	E	150	24.10	15.5	8.6	1:0.555
16	E	200	21.45	12.7	8.75	1:0.698
3	D	50	28.80	23.4	5.4	1:0.276
7	D	100	27.70	19.5	8.2	1:0.421
12	D	150	24.40	15.5	8.9	1:0.574
17	D	200	20.85	11.5	9.35	1:0.813
23	D	300	8.10	4.9	3.2	1:0.653
4	C	50	20.75	unmessbar	—	—
8	C	100	24.50	15.3	9.2	1:0.601
13	C	150	23.80	14.2	9.6	1:0.676
18	C	200	19.50	10.8	8.7	1:0.806
21	C	300	9.40	4.2	5.2	1:1.214
9	A	100	24.50	15.8	8.7	1:0.551
14	A	150	22.70	13.5	9.2	1:0.681
19	A	200	17.90	9.8	8.1	1:0.827
22	A	300	8.35	4.1	4.25	1:1.037

## Versuch 31.

2	E	50	25.8	18.5	7.3	1:0.395
3	E	100	27.7	14.0	13.7	1:0.979
4	E	150	24.8	11.0	13.8	1:1.256
5	E	200	21.9	9.7	12.2	1:1.258
7	D	10	15.8	10.0	5.8	1:0.580
9	D	100	28.85	14.1	14.75	1:1.046
10	D	150	25.6	10.9	14.7	1:1.349
11	D	200	21.7	8.8	12.9	1:1.352
13	C	10	19.2	6.5	12.7	1:1.954
14	C	50	21.8	9.5	12.3	1:1.295
15	C	100	23.8	11.2	12.6	1:1.125
16	C	150	22.5	9.5	13.0	1:1.368
17	C	200	20.2	7.7	12.5	1:1.623
21	B	10	13.25	6.6	6.65	1:1.008
22	B	50	19.3	8.3	11.0	1:1.325
23	B	100	20.2	9.1	11.1	1:1.220
24	B	150	20.0	8.9	11.1	1:1.247
25	B	200	18.4	7.5	10.9	1:1.453
26	B	300	13.7	5.2	8.5	1:1.635

## Versuch 34.

Nr.	Feder	Be- lastung	Zuckungs- höhe	I. Höhe der ersten Elevation	II. Höhe d. zweiten Elevation	Relation zwischen I und II
		g	mm	mm	mm	
1	<i>E</i>	10	23.0	21.0	2.0	1:0.095
5	<i>E</i>	50	26.4	18.6	7.8	1:0.414
9	<i>E</i>	100	23.0	11.9	11.1	1:0.993
13	<i>E</i>	150	18.9	8.5	10.4	1:1.224
17	<i>E</i>	200	14.35	6.2	8.15	1:1.815
18			14.10	5.8	8.80	1:1.414
2	<i>D</i>	10	14.5	9.1	6.4	1:0.703
10	<i>D</i>	100	22.15	11.9	10.25	1:0.853
14	<i>D</i>	150	17.9	7.8	10.1	1:1.295
19	<i>D</i>	200	12.0	5.4	6.6	1:1.222
22	<i>D</i>	300	4.2	2.3	1.9	1:0.826
7	<i>B</i>	50	14.45	6.4	8.05	1:1.258
11	<i>B</i>	100	16.6	7.7	8.9	1:1.156
15	<i>B</i>	150	16.0	7.1	8.9	1:1.254
20	<i>B</i>	200	11.1	5.0	6.1	1:1.220
23	<i>B</i>	300	3.2	2.0	1.2	1:0.600

# Untersuchungen über den Einfluss des Nervensystems auf den respiratorischen Stoffwechsel der Lungen.<sup>1</sup>

Von

Valdemar Henriques.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kopenhagen.)

---

## Einleitung.

Neuere Versuche über die Lungenrespiration<sup>2</sup> haben unsere Auffassung in Bezug auf den in den Lungen stattfindenden Stoffwechselprocess in einigen Punkten verändert. Früher betrachtete man die Kohlensäureausscheidung in der Regel und die Sauerstoffaufnahme stets als einen rein physikalischen Process, der durch eine verschiedene Spannung der respectiven Gase an beiden Seiten des Lungenepithels hervorgebracht werde. Die Versuche Bohr's haben indess gezeigt, dass der Stoffwechsel in den Lungen nicht in so einfacher Weise vor sich geht, indem sich im Gegentheil sowohl die Kohlensäure als der Sauerstoff durch die Lunge von einem Orte mit niedrigerer Spannung zu einem anderen Orte mit höherer Spannung zu bewegen vermöge. Ist aber dieses der Fall, wird man gezwungen sein, dem Lungengewebe ein besonderes luftsecretorisches Vermögen beizulegen; mit anderen Worten, es ist die Lunge dann als eine Drüse aufzufassen, eine Auffassung, die in Bezug auf die Kohlensäure schon früher von J. J. Müller<sup>3</sup> geltend gemacht worden ist.

Nachdem die secretorische Wirksamkeit der Lunge mit Sicherheit erwiesen war, lag es nahe zu untersuchen, ob es nicht, wie es in Bezug

---

<sup>1</sup> Der Redaktion zugegangen den 30. April 1892.

<sup>2</sup> Chr. Bohr, Ueber die Lungenathmung. *Dies Archiv.* Bd. II. S. 236.

<sup>3</sup> J. J. Müller, Ueber die Athmung der Lunge. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1869.

auf andere Drüsen geschehen, möglich wäre, das Vorhandensein von besonderen secretorischen Nerven der Lunge nachzuweisen. Ich habe daher die Frage untersucht, ob die Reizung der die Lunge innervierenden Nerven eine solche Veränderung der Luftsecretion zu Wege zu bringen im Stande sei, dass diese Veränderung einer Beeinflussung der eigentlichen Lungenzellen zuzuschreiben wäre. Die Nerven, von denen hier die Rede sein könnte, sind Nervus sympathicus und Nervus vagus wie bekannt die beiden einzigsten, welche die Lunge mit Nervensträngen versehen. Wenn ich in der hier vorliegenden Arbeit nicht den Einfluss des N. sympathicus auf den respiratorischen Stoffwechsel der Lunge untersucht habe, liegt dieses im Mangel an gehöriger Zeit; vorläufige Versuche scheinen indess einen sogar sehr bedeutenden Einfluss dieses Nerven auf die Lungenrespiration zu zeigen. Die ausgeführten Untersuchungen behandeln also nur die Bedeutung des N. vagus für den respiratorischen Stoffwechsel der Lunge, indem ich in dieser Beziehung ebensowohl das periphere als das centrale Vagusende untersucht habe.

Ehe ich auf die angewandte Versuchsmethode näher eingehe, werde ich, um die allmähliche Entwicklung der Methode zu zeigen, zuerst einen kurzen Ueberblick über die einleitenden Versuche geben. Stellt man sich die Aufgabe, den Einfluss der Nervenreizungen auf den respiratorischen Stoffwechsel zu untersuchen, schlägt man in natürlichster Weise den Weg ein, der bisher schon bei Untersuchung der durch irgend welchen äusseren Einfluss hervorgerufenen Veränderung im Respirationsstoffwechsel gefolgt worden ist. Man ist dann in folgender Weise dabei vorgegangen, dass man in kürzerer Zeit, in der Regel ungefähr einer Viertelstunde, die ein- und ausgeathmete Luft, sowie die Zusammensetzung der Expirationsluft bestimmt und von diesen Bestimmungen aus die pro Kilo und Stunde aufgenommene Sauerstoffmenge sowie die ausgeschiedene Kohlensäuremenge berechnet hat. Nachdem diese Grössen unter normalen Verhältnissen bestimmt worden sind, ist dann das Versuchsindividuum denjenigen äusseren Veränderungen ausgesetzt worden, die man zu beobachten wünschte, worauf die gleichen Bestimmungen aufs Neue vorgenommen und mit den ersteren verglichen worden sind. Falls man dieses Verfahren zu unserem Zwecke anzuwenden wünscht, muss man vorerst in einer Viertelstunde die Respiration unter normalen Verhältnissen untersuchen und darauf z. B. das periphere Vagusende ebenfalls in einer Viertelstunde reizen, während gleichzeitig wieder die Respiration bestimmt wurde. Dieses Verfahren ist auch geprüft worden, es zeigte sich aber, dass sich unsichere ja sogar ganz widerstreitende Resultate ergaben, wozu wohl der

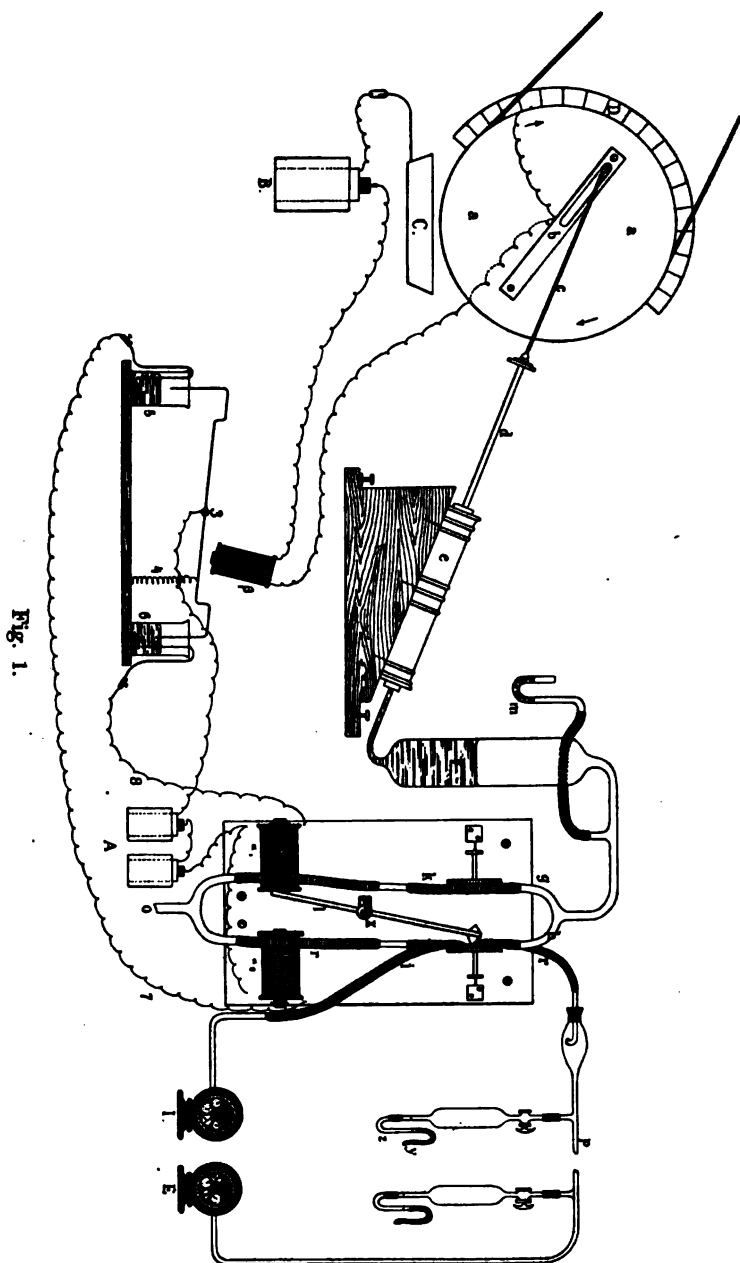
Grund zum Theile in dem Umstande zu suchen wäre, dass eine Nervenreizung, wenn sie längere Zeit hindurch fortgesetzt wird, eine Lähmung des gereizten Nervs hervorruft, durch die sich dann auch ein dem beabsichtigten ganz entgegengesetztes Resultat ergeben muss. Wünscht man ein scharfes und deutliches Hervortreten der Reizungswirkung, so darf die Reizung nur in ganz kurzer Zeit angewendet werden, nämlich so kurz, dass jede Möglichkeit einer Lähmung des Nervs mit Bestimmtheit ausgeschlossen ist. Wenn aber in dieser Weise die Reizung nur ganz kurz dauern darf, wird man gezwungen sein, die Dauer jedes einzelnen Respirationsversuches auf die gleiche kurze Zeit zu beschränken. Es wurde deshalb die Methode in der Weise geändert, dass die Versuchsdauer auf 10—20 Secunden reducirt wurde, während dieselbe früher eine Viertelstunde betrug; ferner wurde die Zeit zwischen jedem Versuche, welche früher mehrere Minuten betrug, auf 2—5 Secunden reducirt. Wird die Dauer des einzelnen Respirationsversuches indess in so bedeutendem Grade reducirt, entspricht jeder derselben auch nur einigen, wenigen ungefähr fünf In- und Expirationen. Sollen die einzelnen Versuche deshalb mit einander vergleichbar sein, müssen alle einzelnen Expirationen genau gleich gross sein, indem eine geringe Steigerung oder Verminderung ihrer Grösse, wie es aus der Natur der Sache folgt, Variationen in der Zusammensetzung der Expirationsluft bewirkt und dadurch eine Veränderung des respiratorischen Stoffwechsels simulirt, welche in Wirklichkeit nicht statt hat. Will man dann diese Fehlerquelle vermeiden, kann man nicht das Versuchsthier die Respirationen selbst ausführen lassen, sondern wird gezwungen sein, das Curare und die künstliche Respiration anzuwenden; hiedurch lässt sich, wie es sich unten zeigen wird, eine durchaus constante Grösse jeder einzelnen Expiration gewinnen, während man freilich andererseits durch die Anwendung des Curare die Wirkung der Nervenreizung wahrscheinlich etwas schwächt, ein Uebelstand, der jedoch vorläufig unvermeidlich ist.

Bei der Ausführung der Versuche in dieser Weise ging ich nun Anfangs von der Voraussetzung aus, dass Proben der Expirationsluft eines normalen Individuums, die kurz auf einander und in ganz derselben Weise aufgesammelt sind, auch gleichartige Zusammensetzung zeigen müssen. Indess, wie sich erwies, traf diese Voraussetzung nicht zu; es fanden sich im Gegentheil recht bedeutende Schwingungen sowohl in der Kohlensäuremenge als der Sauerstoffmenge, und es nahm deshalb die Versuchsmethode dann nach und nach die nun hier des Näheren zu beschreibende Form an.

### Die Versuchsmethode.

Wir beginnen zuerst hier mit einer Beschreibung des zu künstlicher Respiration angewendeten Apparates. Die an denselben gestellte Forderung besteht darin, dass zu gleicher Zeit als die Grösse jeder einzelnen Respiration während des Versuches genau dieselbe sein soll, eine dem Versuchsindividuum passende Respiration zu Stande zu bringen sei; ausserdem noch darf von der Expirationsluft durchaus nichts verloren gehen, sondern muss sich dieselbe aufsammeln und mittels Durchleitung durch ein Gasometer messen lassen. Diesen verschiedenen Forderungen wird durch Anwendung folgenden Apparates Folge geleistet. (Siehe Fig. 1.)

Derselbe besteht aus einer ungefähr 300<sup>ccm</sup> fassenden Metallspritze (e) mit einem sehr genau schliessenden leicht beweglichen Stempel. Die Stempelstange (d) ist durch einen Krummzapfen (c) mit einer rotirenden Scheibe (a) in Verbindung gesetzt und der Krummzapfen lässt sich mittels eines Schiebermechanismus in grösserem oder geringerem Abstand von der Achse dieser Scheibe festschrauben. Die Metallspritze steht durch eine Glasröhre in Verbindung mit einem gläsernen Behälter (f), dessen Volumen ebenfalls ca. 300<sup>ccm</sup> ist; sowohl die Spritze als der gläserne Behälter sind mit Wasser in der Weise gefüllt, dass keine Luft unter dem Spritzenstempel oder in der Verbindungsröhre zwischen dem Behälter und der Spritze vorhanden ist. Durch Vor- und Rückwärtsbewegung des Spritzenstempels wird also die Oberfläche der Flüssigkeit im Behälter steigen oder sinken, und abwechselnd wird Luft aus der obersten Mündung des Behälters herausgepresst oder in dieselbe hineingesaugt werden. Es steht dann diese Mündung des Behälters in Verbindung mit einer gabelförmigen Röhre, deren zwei Zweige (g und h) sich in die Kautschukschläuche (i und k) fortsetzen. An dem einen Zweig (g) ist eine Seitenröhre angebracht, die zum Manometer (m) hinüberführt. Die beiden Schläuche (i und k) setzen sich bis zu einem Apparate fort, der unten näher beschrieben werden wird, und dessen Aufgabe es ist, jede der beiden Schläuche an einem bestimmten Punkte zusammenzuklemmen, sodass das Lumen derselben vollständig luftdicht geschlossen wird. Die Schliessung geht aber, wie es sich später zeigen wird, in der Weise vor sich, dass der eine Schlauch offen ist, wenn der andere geschlossen und umgekehrt. Der Schlauch i wird indess weiter bis zum Gasometer J fortgesetzt, während der Schlauch k zu einer T-Röhre führt, deren herabsteigender Zweig (o) luftdicht mit der



Trachealkanüle des Versuchstieres sich verbinden lässt. Der dritte Zweig der *T*-Röhre ist mit einem Kautschukschlauche (*r*) versehen, der zu demselben Schliessungsapparate führt, welcher den Schlauch *i* zusammenklemmt. Der Schlauch (*r*) mündet in einen kleinen gläsernen Behälter (*s*) aus, wodurch erreicht wird, dass sich der erste kohlen-säureärmere Theil jeder Expiration mit dem letzteren kohlen-säure-reicheren Theile derselben vermischt; wenn das Volumen des Behälters etwas grösser als das Volumen jeder einzelnen Respiration ist, wird die aus dem Behälter strömende Expirationsluft eine gleichartige Zusammensetzung haben. Vom gläsernen Behälter wird nun die Leitung weiter in die Glasröhre (*p*) fortgesetzt werden. Dieselbe ist mit 28 kleinen herabsteigenden Seitenröhren versehen, an denen diejenigen Behälter angebracht sind, in welchen Proben der Expirations-luft aufgesammelt werden. Die Leitung schliesst endlich mit einem Gasometer (*E*) ab.

Wie zu ersehen, haben wir hier eine vollständig geschlossene Luft-leitung, die, wenn man dem von der Luft während der Anwendung des Apparates passirten Wege folgt, sich leicht übersehen lässt. Beginnen wir mit dem Gasometer *J*, so strömt die Luft durch die Glasröhre in den Behälter *f* durch *g* und *k* und bis zu *o* hinüber, welches zur Trachea des Versuchstieres durch *r* und *p* hinüber und endlich in den Gasometer *E* hinausführt.

Wir werden nun näher die Weise betrachten, in der die drei Schläuche *k*, *i* und *r* zusammengeklemmt werden. Hierzu wird ein Apparat angewendet (siehe Figur) der aus zwei Elektromagneten  $a_1$  und  $a_2$  besteht, jeder derselben mit einem eisernen Kerne. Zwischen ihnen ist eine stählerne Stange (*e*) angebracht, die um eine Achse (*x*) drehbar ist. Am einen Ende dieser stählernen Stange sind zwei Keile aus Metall, zu jeder Seite einer angebracht und so, dass sie ihre scharfe horizontale Kante nach Aussen kehren; dicht neben den Keilen findet sich an jeder Seite ein Tisch aus Metall, dessen Plan lothrecht gestellt ist. Die scharfe Kante der beiden Keile wird also, wenn die stählerne Stange um ihre Achse gedreht wird, gegen den Plan des Tisches schlagen, sodass sie den zwischen dem Tische und dem Keile befindlichen Schlauch zusammenklemmt. Die Schwingungen der stählernen Stange von dem einen eisernen Kern zum anderen werden dadurch hervorgebracht, dass man einen elektrischen Strom abwechselnd durch die zwei Drahtrollen  $a_1$  und  $a_2$  entsendet. Die eisernen Kerne werden dann abwechselnd magnetisch und in Folge dessen die stählerne Stange an sich ziehen.



Solche Drehung des Stromes wird durch eine elektrische Wippe ausgeführt, die aus einem Elektromagneten ( $\beta$ ) besteht; wird dann durch diesen ein Strom geleitet, muss der eiserne Kern den Anker (3) an sich ziehen, wird der Strom unterbrochen, wird der Anker mittels einer Spiralfeder (4) zur ursprünglichen Stellung zurückgezogen. An jedem Ende des Ankers ist ein Platindraht angebracht, dessen Spitzen in je ein Quecksilbernäpfchen (5 und 6) sich herabsenken lassen. Die Länge der Drähte ist in der Weise abgepasst, dass der eine derselben in seinem Quecksilbernäpfchen herabgesenkt, wenn der andere über die Oberfläche des Quecksilbers gehoben ist und umgekehrt, in jedes der Näpfchen ist ausserdem ein Platindraht angebracht, der sich in zwei kupferne Leitungen (7 und 8) fortsetzt; diese letzteren führen zu den Elektromagneten  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ ; von den einem Drahtende des  $\alpha_1$  gehen ausserdem zwei Leitdrähte aus, der eine geht zum  $\alpha_2$ , der zweite, in welchen zwei Bunsen'sche Elemente (A) eingeschoben sind, führt zum Anker (3). Wenn dann die Stellung des Ankers wie in der Figur angegeben ist, muss, wie leicht ersichtlich, ein Strom von den Elementen durch den Anker zum Quecksilber im Näpfchen 6 von hier in die Leitung und weiter durch die Drahtrolle  $\alpha_1$  und zurück zu den Elementen gehen, folglich muss der eiserne Kern in  $\alpha_1$  magnetisch werden und die stählerne Stange (1) an sich ziehen. Wird nun ein Strom durch die Rolle  $\beta$  geleitet, muss der Anker 3 angezogen werden, der Platindraht wird aus dem Quecksilber im Näpfchen 6 herausgehoben, während gleichzeitig der entsprechende Platindraht auf der anderen Seite in das Quecksilbernäpfchen 5 sich senkt. Hierdurch dreht sich der Strom von A in der Weise, dass der Kern in  $\alpha_2$  nun magnetisch wird und dadurch die stählerne Stange an sich zieht, während der Magnetismus in  $\alpha_1$  aufhört.

Es ist jetzt noch erübrigt, ein abwechselndes Oeffnen und Schliessen des durch den Elektromagnet  $\beta$  geleiteten Stroms zu Wege zu bringen, welches in folgender Weise erreicht wird: Von dem einen Drahtende der Rolle führt eine Leitung zum Elemente B hinüber, von hier wird die Leitung weiter nach einer mit Quecksilber gefüllten Schale fortgesetzt. Das zweite Drahtende des Elektromagnets wird in eine Leitung fortgesetzt, die zur Achse der Scheibe ( $\alpha$ ) hinaufgeht, und es ist diese Achse durch einen metallenen Draht in leitende Verbindung gebracht mit einer an der Scheibe angebrachten metallenen Platte, die so befestigt ist, dass sie ein Stückchen über den Rand hervorspringt. Wenn dann die Scheibe gedreht wird, wird die metallene Platte in das in der Schale C befindliche Quecksilber hinabtauchen, wodurch der von B ausgehende Strom geschlossen wird; wie man aus der Figur ersieht,

ist die metallene Platte nur längs der halben Peripherie der Scheibe angebracht, folglich wird der Strom, indem sich die Scheibe einmal umdreht, während der einen Hälfte dieser Umdrehung geschlossen, während der zweiten Hälfte dagegen offen sein.

Nachdem wir nun gesehen haben, wie die einzelnen Theile des Apparates zusammengesetzt sind, werden wir dazu übergehen, die Weise näher zu betrachten, in der die künstliche Respiration vor sich geht. Stellen wir uns dann vor, dass die Scheibe  $a$  zu drehen beginnt, indem wir von der Stellung ausgehen, die in der Figur angezeigt ist. Sobald die Bewegung beginnt, wird die Stempelstange abwärts geschoben, folglich wird sich die Wasseroberfläche im Behälter heben, es wird Luft aus demselben herausgedrängt; während dessen wird der Contact zwischen dem Quecksilber in  $C$  und der metallenen Platte  $D$  unterbrochen sein, folglich wird der Anker 3 angezogen werden, und es wird also ein Strom durch  $a_1$  gehen, welcher ein Zusammenklemmen der Schläuche  $i$  und  $r$  bewirkt, wobei dagegen die Passage durch  $k$  frei ist. Hiervon wird nun die unmittelbare Folge werden, dass vom Behälter Luft hinüber in den Schlauch  $k$  und von hier durch  $o$  hinunter in die Lungen des Versuchstieres gepustet wird während gleichzeitig das Manometer den Druck anzeigt, unter welchem das Einblasen vor sich geht.

Wenn nun die Scheibe eine halbe Umdrehung gemacht hat, fängt der Stempel an zurückzugehen, weshalb Luft in den Behälter gesaugt werden wird, gleichzeitig wird aber die metallene Platte in die Quecksilberschale  $C$  hinunterlaufen und der Anker 3 muss vom Elektromagnet  $\beta$  angezogen werden. Es wird dann der Strom sich von  $a_1$  nach  $a_2$  umlegen und der Schlauch  $k$  zusammengeklammert werden, während sich  $i$  und  $c$  öffnen. Das Resultat des Saugens wird deshalb ein Luftstrom durch den Gasometer  $J$  und weiter durch den Schlauch  $i$  zum Behälter ( $f$ ) hinüber sein. Während diese Saugung vor sich geht, werden indess die aufgeblasenen Lungen wegen ihrer eigenen Elasticität und der Elasticität der Brustwand zusammenfallen und die Expirationsluft wird deshalb durch den Schlauch  $r$  und die Röhre  $p$  herausgepresst werden und endlich nach dem Durchgang durch den Gasometer  $E$  in die Luft frei hinausströmen.

Nach einer halben Umdrehung der Scheibe sind wir aber dann wiederum zur anfänglichen Stellung zurückgekehrt, die in den Behälter hineingesaugte Luft wird wieder in die Lungen hinübergetrieben u. s. w.

Wie man sieht, wird bei der Anwendung des hier beschriebenen Apparates die Inspiration durch ein Einblasen von Luft in die Lungen

ersetzt, wogegen die Expiration durch Elasticität des Brustkastens und der Lungen hervorgerufen wird.

Ferner leuchtet auch ein, dass die an den Apparat gestellte Forderung, dass die Grösse jeder einzelnen Inspiration während des ganzen Versuches genau die gleiche sei, hier in vollem Maasse erreicht wird, indem die Flüssigkeit im Behälter  $f$  jedesmal genau zur selben Stelle steigen und sinken muss, woraus dann folgt, dass die in die Lungen eingeblasene Luft jedesmal die gleiche bleibt. Will man nun in längerer Zeit eine durchaus regelmässige Respiration beibehalten, muss die Rotation der Scheibe  $a$  nothwendigerweise völlig constant sein. Dieses wird dann erreicht, indem man als Treibkraft eine kleine elektrische Dynamomaschine anwendet, deren Achse ca. 1200 Umdrehungen in der Minute vornimmt. Ueberführt man sodann diese bedeutende Geschwindigkeit auf die gewöhnlich angewendete, nämlich ca. 30 Umdrehungen in der Minute, wird an der Bewegung der Spritze ein geringes Variiren der Geschwindigkeit der Maschine durchaus unmerkbar werden.

Die Aufsammlung der Expirationsluft geht, wie schon besprochen, vor sich, während die Luft die Röhrenleitung bei  $p$  passirt (siehe die Figur); an dieser Röhre sind 28 kleine, abwärts steigende Seitenröhren angebracht, und jede derselben lässt sich mit einem gläsernen Behälter von der in der Figur angegebenen Form verbinden. Das Volumen jedes dieser Behälter ist  $40\text{ cm}^3$ ; und derselbe ist nach oben mit einem vollständig luftdicht schliessenden Hahne versehen. Der schmale untere Stiel des Behälters lässt sich mittels eines kleinen Kautschukschlauches mit einer gebogenen Glasröhre ( $Z$ ) verbinden, das freie Ende dieser letzteren ist mit einem dünnen Kautschukschlauche ( $Y$ ) versehen. Alle Behälter werden vor Beginn des Versuches mit Quecksilber gefüllt, und wird nur der obere Hahn geschlossen, kann das Quecksilber nicht herauslaufen. Sobald die Luftaufsammlung beginnt, geschieht dieses, indem der Hahn des Behälters geöffnet wird. In Folge dessen strömt das Quecksilber durch den Schlauch  $Y$  heraus und gleichzeitig strömt die Expirationsluft von der Röhrenleitung herein. Sobald dann aus dem Behälter alles Quecksilber entleert ist, wird der Hahn geschlossen und da das Quecksilber, wie sich von selbst versteht, nicht vollständig herausläuft, indem ein Theil desselben in der schmalen abwärts gerichteten Röhre zurückbleiben muss, wird also die aufgesammelte Luft nach oben durch den Hahn, nach unten durch eine Säule von Quecksilber abgeschlossen sein; der Behälter wird deshalb so lange hinstehen können, bis der Inhalt desselben näher analysirt werden kann.

Die Luftanalyse ist in allen Versuchen mittelst zweier Petterson'scher Apparate<sup>1</sup> vorgenommen, deren Gasbürette 35<sup>ccm</sup> fasste. Die Kohlensäureabsorption geschah wie gewöhnlich mittels einer NaOH-Lösung (10<sup>0</sup>/), die Sauerstoffabsorption dagegen mittels einer Lösung in Wasser von hydroschwefelsaurem Natron<sup>2</sup>. Durch hinlängliche Uebung im Gebrauche dieser Apparate lässt sich ein hoher Grad von Genauigkeit erreichen, sodass der mögliche Fehler kaum 0.01<sup>ccm</sup> übersteigt.

Zurück steht nur noch, die Weise zu betrachten, in der die Nervenreizung bewerkstelligt wird. Ich habe die von Heidenhain<sup>3</sup> zur Reizung der secretorischen Nerven der Speicheldrüse anempfohlene Methode angewandt, welche in einer rhythmischen Tetanisirung der Nerven mittelst eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates besteht, in dessen primäre Rolle ein Mälzel'scher Metronom eingefügt ist. Da beide Nervi vagi gleichzeitig gereizt wurden, wurden zwei Schlitten, einer für jeden der beiden Nerven, angewandt, wodurch man die Bildung von Stromschlingen über den Hals und daraus folgende tetanische Contraction der Halsmuskeln vermeidet, welches durchaus ausgeschlossen sein muss. Was die Stromstärke betrifft, so wurde dieselbe vor dem Beginne eines jeden Versuches geprüft. In der Regel wurde ein Strom angewandt, der deutliches Schmerzgefühl an der Zungenspitze hervorrief. Die Nervenenden wurden ferner in Ludwig'schen Elektroden angebracht, wodurch eine sichere Isolation vom umgebenden Gewebe erreicht wurde.

Die Ausführung der Versuche. Zu den meisten Versuchen sind Kaninchen und nur ganz ausnahmsweise Hunde verwendet worden. Es wurden der Vagus und Sympathicus in einem längeren Stücke an beiden Seiten des Halses präparirt. Da der Sympathicus, wie schon besprochen, den respiratorischen Stoffwechsel der Lunge zu beeinflussen scheint, wurde dieser Nerv extirpirt, um dadurch die störende Einwirkung einer möglicherweise stattfindenden Innervation auf

---

<sup>1</sup> In Bezug auf die Construction dieser Apparate sei auf Petterson und Heyland's Abhandlung in den *Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft*, 28. Jahrgang, verwiesen.

<sup>2</sup> Ueber die Darstellung dieser Lösung ist noch nichts Näheres veröffentlicht worden. Die Zubereitungsweise ist mir in die Hände gekommen durch die Güte des Herrn Prof. Petterson, welcher nur in vorläufiger Mittheilung (siehe *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 22. Jahrgang) die Anwendung dieses Stoffes zur Sauerstoffabsorption besprochen hat.

<sup>3</sup> Siehe Hermann, *Handbuch der Physiologie*. Bd. V. S. 37.

den Versuch zu verhindern. Zu gleicher Zeit wie der Sympathicus wurde ausserdem auch der Nervus depressor cordis entfernt, indem sich beim Kaninchen diese beiden Nerven nur schwierig unterscheiden lassen. Es wurde nun eine Tracheotomie ausgeführt, und eine Trachealcannüle eingeführt, die mittelst zweier Ligaturen zum luftdichten Verschluss in die Trachea gebracht wurde. Darauf wurde eine Curarelösung in die Vena jugularis externa injicirt und die künstliche Respiration eingeleitet. Gleich darnach wurde der Raum, in welchem das Versuchsthier gebracht war, auf ca.  $30^{\circ}$  erwärmt, und mittels eines Gasofens hielt sich dann diese Temperatur während des Versuches in constanter Höhe. Kurze Zeit nach dem Beginn der künstlichen Respiration wurden beide Nervi vagi durchschnitten und die Nervenenden, deren Einfluss auf die Respiration man untersuchen wollte, wurden in den Elektroden angebracht. Das Thier blieb darauf ca. eine Stunde ruhig liegen und erst dann begann der eigentliche Versuch. Dieser bestand einfach in einer continuirlichen Probenahme der Exspirationsluft. Sobald der eine Behälter leer war, wurde gleich der Hahn am nächsten u. s. w. geöffnet. Zur Leerung jedes Behälters gebrauchte man in den am weitesten überwiegenden Fällen 10 Secunden, während die zum Schliessen eines Hahnes und Oeffnen des nächsten Hahnes beanspruchte Zeit zwei Secunden betrug.

Zu bestimmtem Zeitpunkte während der Probenahme wurden die Nerven gereizt. Die Dauer der Reizung war eben die Zeit, welche der einzelne Behälter zu seiner Leerung gebrauchte, und da das Volumen der von der Trachea bis zu den einzelnen Behältern gehenden Röhrenleitung bekannt war, sowie die Luftmenge, die in einer Minute die Leitung durchlief, im Voraus mittels des Expirationsgasometers gemessen war, liess sich genau constatiren, in welchem Behälter die während der Reizung ausgeathmete Luft aufgesammelt wurde.

Wie man sehen wird, entspricht jede einzelne Probenahme einem vollständigen Respirationsversuche, indem wir ausser der Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft die im Laufe der Zeitdauer der Probenahme (10 Secunden) aus- und eingeathmete Luftmenge kennen. Man konnte deshalb sehr gut die pro Kilo und Stunde ausgeschiedene und aufgenommene Sauerstoffmenge berechnen; da diese Berechnungen in den hier vorliegenden Versuchen durchaus keine Rolle spielen, indem man ebensogut die procentweise Zusammensetzung der einzelnen Luftproben vergleichen kann, sind aber diese Berechnungen nicht vorgenommen worden.

Nach dem Versuche wurde noch zum Schluss untersucht, ob die Reizung des peripheren Vagusendes Veränderungen in den Bewegungen

des Herzens hervorriefen, insofern nämlich solches nicht während des Versuches beobachtet worden war. Es zeigte sich eben, dass ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Wirkung der Reizung auf das Herz und auf die Lungen stattfände; veränderten sich die Bewegungen des Herzens nicht durch die Reizung, liess sich mit Sicherheit der Ausfall jeder Wirkung auf die Lungen erwarten und umgekehrt. Dieser Ausfall der Wirkung stand, wie es sich nun zeigte, in Relation zu der hier benutzten speciellen Sorte Curare. War die Zubereitung des Curare noch frisch, fand man stets eine Wirkung auf das Herz, hatte die Lösung dagegen längere Zeit gestanden, wurde der Vagus durch die Injection der Lösung gelähmt und die Einwirkung auf das Herz und in Folge dessen die Lunge fiel dadurch völlig aus. Die nähere Ursache dieser veränderten Wirkungsweise habe ich nicht untersucht, nur soviel sei als sicher angeführt, dass die Lösung, welche längere Zeit gestanden hatte, trübe, opalisirend wurde, und unter dem Mikroskope eine Menge feiner Körner mit lebhaften Molecularbewegungen zeigte, wogegen die frisch bereitete Lösung klar und durchsichtig war.

---

### **Rhythmische Schwingungen in der Zusammensetzung der normalen Expirationsluft.**

Wie schon besprochen, hat sich in den Versuchen gezeigt, dass die in der obengenannten Weise aufgesammelten Proben der normalen Expirationsluft nicht gleiche Zusammensetzung haben, sondern im Gegentheil recht bedeutenden Variationen sowohl in Betreff der Kohlensäure- als der Sauerstoffmenge ausgesetzt waren.

Um die Uebersicht über die Versuche zu erleichtern, sind die gefundenen Werthe sowohl der Kohlensäureausscheidung als der Sauerstoffaufnahme graphisch dargestellt worden, sodass die Abscissen die Zeitpunkte der Probenahme bezeichnen, während die Ordinate den procentweise gefundenen Werthen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffes entsprechen. Die dergestalt gefundenen Punkte sind mit geraden Linien verbunden worden, und werden wir nun die dadurch hervorgebrachten Curven näher betrachten.

Es wird indess einleuchten, dass wegen der Weise, in der die Probenahme vor sich geht, Interferenz zwischen der Zeit der Probenahme und der wirklich stattgefundenen Schwingungscurve eintreten kann, sodass die letztere, wenn auch vollständig regelmässig, sich doch

in höherem oder geringerem Grade auf einen Theil ihres Verlaufes verwischen lässt, besonders wenn die Dauer einer Probenahme und einer einzelnen Periode in den Schwingungen nahe zusammenfällt. Betrachten wir die Curve V, so sehen wir hier eine grösstentheils in regelmässiger Weise schwingende Curve. Nur an zwei Stellen erblicken wir eine Aufhebung dieser Regelmässigkeit nämlich den Proben 4—6 und 12—14 entsprechend, indem sich die Curve hier verflacht.

Die Möglichkeit, dass die Schwingungen hier wirklich an Intensität abnehmen, lässt sich nicht leugnen, jedoch weit wahrscheinlicher ist es die oben besprochene Interferenz als Ursache des Aufhörens der Schwingungen anzunehmen; höchst wahrscheinlich ist die hier stattfindende Schwingung dann regelmässiger Art, welche Anschauung auch durch die Betrachtung der Kohlensäurecurve im Versuche IX bestätigt wird.

Was nun die Form der verschiedenen Curven betrifft, wird ein Blick auf dieselben uns leicht überzeugen, dass für die Schwingungen sich nicht ein einzelner Typus aufstellen lässt, sie variiren im Gegentheil sehr bedeutend von dem einen Versuch zum anderen; übrigens aber lag es ausserhalb der gestellten Aufgabe, die verschiedenen Formen der Schwingungen näher zu bestimmen und höchst wahrscheinlich machen sich viele Factoren in dieser Beziehung geltend; so scheinen z. B. die Zahl der Respirationen und namentlich die Grösse der in der Minute ausgeathmeten Luftmenge einen Einfluss zu haben, welches u. A. aus dem Versuche XII sich ergibt. Hier hat nämlich eine sehr starke Lüftung der Lungen stattgefunden, wodurch der Zustand hervorgebracht worden ist, den man Apnoe genannt hat. Dieses hat dann ein vollständiges Aufhören der Kohlensäureschwingungen verursacht, indem die Curve eine horizontale gerade Linie geworden ist, während die Sauerstoffcurve sehr flach und in die Länge gezogen ist. Ferner zeigt uns dieser Versuch noch die Unabhängigkeit der Sauerstoffschwingungen von einem besonderen Gehirncentrum, indem wir in den Versuchen XII *a* und XII *b* gleiche Schwingungen finden, obgleich die Medulla spinalis im letzteren aber nicht im ersteren Versuche überschritten worden war. Da wir also, nachdem der Vagus, Sympathicus und das Rückenmark durchschnitten sind, noch Schwingungen in der Sauerstoffcurve antreffen, müssen dieselben ihren Grund in einer Wirksamkeit der Lunge selbst haben, wodurch freilich aber die Möglichkeit eines regulirenden Einflusses von Seiten der die Lungen innervirenden Nerven keineswegs ausgeschlossen ist.

Weit wichtigere Erläuterungen als die aus der Form der Curven gewonnenen erhalten wir durch Betrachtung des Verhältnisses zwischen den Curven der Kohlensäure und derjenigen des Sauerstoffes. In der

Regel werden diese Curven sich in gleicher Richtung bewegen, d. i. ein Steigen oder ein Fallen der Kohlensäureausscheidung folgt mit entsprechendem Steigen oder Fallen der Sauerstoffaufnahme, aber trotz dieses gleichzeitigen Schwingens der beiden Curven, werden dieselben doch nicht einander parallel verlaufen, öfter wird die Bewegung in Bezug auf den Sauerstoff um einiges grösser als die Bewegung der Kohlensäure sein. Besonders deutlich zeigt sich dieses im Versuche IX, in welchem der grösste Ausschlag der sehr regelmässig schwingenden Kohlensäure von 2.73 bis auf 2.94 reicht, während der Sauerstoff zwischen 4.16 und 4.76 schwingt.

Ausser diesem Unterschiede in der Grösse der Schwingungen hat aber noch bei den zwei Curven ein anderes Verhältniss Anspruch auf unsere Aufmerksamkeit. Hin und wieder beobachtet man nämlich eine Bewegung der Curven, die statt gleichartigen Verlaufes, in ganz entgegengesetzter Richtung geht, es kann also zu gleicher Zeit eine vermehrte Kohlensäureausscheidung und eine verminderte Sauerstoffaufnahme vor sich gehen, sowie auch umgekehrt. Betrachten wir nämlich den Versuch XI, so erblicken wir der Probe 3 entsprechend ein bedeutendes Fallen der Sauerstoffcurve, während die Kohlensäurecurve sich beinahe ganz unverändert hält; in der Probe 4 dagegen steigt der Sauerstoff wieder auf seinen ursprünglichen Werth und erst jetzt tritt ein Fallen der Kohlensäure ein.

Es ist also die hier im Stoffwechsel stattfindende Schwingung für den Sauerstoff und die Kohlensäure nicht gleichzeitig, im Gegentheil sind die abwärts gehenden Bewegungen in Bezug auf die genannten zwei Processe in ihrem gegenseitigen Verhältnisse verschoben, indem das Fallen der Kohlensäure erst beginnt, wenn der Sauerstoff wieder zu seinem ursprünglichen Werthe zurückgekehrt ist.

Noch schöner zeigt sich der Unterschied an den Schwingungen der beiden Curven im Versuche XIII, welcher deswegen angestellt wurde, um zu untersuchen, inwiefern das Durchschneiden des Nervus vagus am Halse vielleicht die vorhandenen Schwingungen hervorrufen, mit anderen Worten also, inwiefern dieselben ausbleiben würden, wenn man die Nerven unberührt liesse. Man beobachtet nun hier eine gleichmässig fallende Kohlensäurecurve, während die Sauerstoffcurve zuerst abwärts fällt, sich aber darauf wieder zu ihrer ursprünglichen Höhe erhebt.

Aus diesen Versuchen geht deshalb klar hervor, dass die beiden Processe die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme nicht einander Geleite geben, sondern, dass sie im Gegentheil unabhängig von einander vor sich gehen, indem die eine im Fallen begriffen sein



kann, während die andere im Steigen ist und umgekehrt. Und dass dieses Verhältniss nicht ganz selten ist, zeigt die Betrachtung der übrigen vorliegenden Curven, wenn auch das Ausschlagen dieser letzteren ein geringeres ist als in den zwei oben besprochenen Versuchen.

Was nun die Ursache der Schwingungen sei, ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden; es liegt die Annahme nahe, dass die Schwingungen zu Stande kämen durch ein stetes Variiren der in der Zeiteinheit die Lungen durchströmenden Blutmengen, besonders weil Schwingungen mit ähnlicher Periode im Blutstrome anderer Organe nachgewiesen sind, wie in der Milz von Roy, im Kaninchenohre von Schiff, sowie von Morat u. Dastre. Es passt aber diese Erklärung nicht in allen Fällen, indem es einleuchtet, dass falls wir nur allein mit Schwingungen der die Lungen durchströmenden Blutmenge zu thun hätten, die Kohlensäure- und die Sauerstoffschwingungen stets einander Geleit geben und sich zu gleicher Zeit in einer und derselben Richtung fortbewegen müssten. Dies ist ja nicht der Fall. Häufig bewegen sich die beiden Schwingungscurven gleichzeitig in einer und derselben Richtung, aber zu anderen Zeiten sieht man, wie es im Vorhergehenden nachgewiesen ist, dass die Curven sich gegen einander bewegen. Also können Schwingungen in der die Lunge passirenden Blutmenge nicht die alleinige Ursache der Schwingungen in dem respiratorischen Stoffwechsel sein; möglicherweise ist der Grund dieser letzteren Schwingungen dann in einem periodischen Variiren der Function des secernirenden Lungengewebes zu suchen, in Verbindung vielleicht mit einem Variiren des durch die Lungen gehenden Blutstromes.

---

### Der Einfluss der Nervenreizung auf den respiratorischen Stoffwechsel.

Aus leicht verständlichen Gründen müssen Untersuchungen an einem für den Organismus so wichtigen Organ, wie es die Lunge ist, weit complicirter sein als ähnliche Untersuchungen an anderen Drüsen, z. B. den Speicheldrüsen.

So wird in Versuchen über die Bedeutung des peripheren Vagusendes für die Respiration die Reizung zu gleicher Zeit, in der die Lungen in der Zeiteinheit durchströmenden Blutmenge eine Veränderung bewirken, und eine solche wird sicher Veränderungen in der Zusammensetzung der Expirationsluft hervorbringen müssen, unabhängig von der Function des Lungengewebes selbst. Die durch Stromveränderungen hervorgebrachte Wirkung muss indess in einer und derselben Richtung

gehen, eine Verlangsamung des Stromes kann mit anderen Worten nicht das eine Mal ein Fallen und ein anderes Mal ein Steigen des Stoffwechsels bewirken. Da wir, wie wir unten sehen werden, durch Reizung des peripheren Vagusendes bisweilen ein Fallen, aber zu anderen Zeiten ein Steigen des Stoffwechsels erhalten, lässt sich nun mit Sicherheit schliessen, dass mindestens die eine dieser Wirkungen ihren Grund in directem Einfluss auf das Lungengewebe haben müsse.

#### I. Veränderung im respiratorischen Stoffwechsel, hervorgerufen durch Reizung des peripheren Vagusendes.

Wie bekannt, innervirt der Nervus vagus ausser den Lungen auch das Herz sowie daneben alle die grossen Organe des Unterleibes, ein Umstand, der sachgemäss die Deutung der hier angestellten Nervenreizungsversuche compliciren muss, sobald man nicht in irgend einer Weise die Ausbreitung der Reizung auf diese Organe auszuschliessen vermag, weil man, wenn durch Reizung der Nerven eine Veränderung in der Zusammensetzung der Expirationsluft erreicht ist, nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermag, ob der Grund dieser Veränderung in einer Einwirkung auf die Lungen oder in einer solchen auf die übrigen vom Vagus innervirten Organe liege. Was dann die Organe des Unterleibes betrifft, so wird der Einfluss derselben auf das Versuchsergebnis durch ein Durchschneiden der beiden Nervi vagi an dem Orte, wo sie aus der Brusthöhle hinaustreten, sehr leicht eliminirt; wir haben es sodann während des Versuches nur mit dem geringen Theile des Vagus zu thun, der sich vom Halse bis zum Diaphragma erstreckt, und es bleiben also darauf nur zwei Organe zurück, auf welche die Innervation zu wirken vermag, nämlich das Herz und die Lungen. Die Nerven dieser beiden Organe von einander zu scheiden, ist indess unmöglich und wir werden also gezwungen sein, das durch gleichzeitige Einwirkung der Vagusreizung auf Lunge und Herz gewonnene Resultat zu untersuchen, indem wir dabei erinnern, dass der Ausschlag, falls derselbe seinen Grund allein in der veränderten Bewegung des Herzens hätte, stets in einer und derselben Richtung gehen müsse.

In Betreff der Versuchsmethode ist in allem Wesentlichen auf die frühere Beschreibung zu verweisen, nur wäre hier in aller Kürze mitzutheilen, auf welche Weise die beiden Nervi vagi unterhalb des Diaphragma durchschnitten werden. Zuerst wird durch einen ca. 2<sup>cm</sup> langen Schnitt in der Mittellinie das Peritoneum geöffnet, indem man an der Spitze des Processus cruciformis beginnt; darauf werden zwei Liga-

turen unter den Oesophagus geführt, welcher doppelte Unterbindung erhält und wird derselbe darauf zwischen den beiden Ligaturen durchschnitten, worauf wieder das Peritoneum geschlossen wird; bei der Section findet man dann stets in Verbindung mit dem Oesophagus die beiden Nervi vagi durchschnitten. Da ferner die Bewegung des Herzens bei diesen Versuchen eine grosse Rolle spielt, war es nothwendig, dieselben auf einem rotirenden Cylinder zu notiren, was mittels eines Paares Marey'scher Tambouren ausgeführt wurde, von denen das eine mit der schreibenden Feder versehen war, während das andere in der Weise angebracht war, dass der Herzstoss auf die Membran des Tambours überführt wurde.

Was endlich die Versuche selbst betrifft, so sind dieselben in zwei verschiedene Gruppen zu theilen, die jede für sich betrachtet werden müssen. Zur ersteren Gruppe gehören die Versuche I u. II, deren Resultate sich an den entsprechenden Curven leicht übersehen lassen.

An der Curve Ia sehen wir nun vor der Reizung scheinbar regelmässige Schwingungen sowohl in Betreff der Sauerstoffaufnahme als der Kohlensäureausscheidung; der Reizung entsprechend, während welcher das Herz ungefähr ganz stille stand, sehen wir ein bedeutendes Fallen des Stoffwechsels doch so, dass dieses Fallen in Bezug auf den Sauerstoff weit stärker als das entsprechende Fallen der Kohlensäure ist. Die Wirkung der Reizung tritt sogleich ein, d. i. die möglicherweise sich zeigende Latenzzeit muss geringer als 10 Secunden sein, die Zeit nämlich, während welcher die Reizung stattfand; ferner sieht man die schon in der Probe 10 vorhandene Wirkung weit kräftiger in der Probe 11 ausgesprochen, was auf eine Fortsetzung der Wirkung zu deuten scheint über die Zeit hinaus, in der die Reizung stattfindet. In der Probe 12 sind die Curven zu gleicher Höhe wie diejenigen der Reizung gelangt, und in den zwei letzten Proben ist die Sauerstoffcurve noch höher gestiegen, welches möglicherweise in einer Art von Nachwirkung begründet ist.

Die Curve Ib zeigt uns vor der Reizung eine ungefähr gerade Curve und dieses sowohl für den Sauerstoff als für die Kohlensäure. Durch Vergleich mit dem entsprechenden Theile der Curve Ia neigt man der Annahme eines Aufhörens der normalen Schwingungen nach einer vorhergehenden Reizung zu, eine Beobachtung, die ihre Stütze in ganz analogen Verhältnissen bei den Schwingungen in den Arterien des Kaninchenobres<sup>1</sup> findet. Was nun die Reizungswirkung betrifft, so ist

<sup>1</sup> Dastre et Morat, Les nerfs vasodilatateurs de l'oreille. *Archiv de Physiologie*. 1882.

dieselbe vollständig der im Versuche I a hervortretenden analog. Das Fallen der Sauerstoffcurve ist bedeutend grösser als das Fallen der Kohlensäure und das Fallen beider Curven setzt sich über die Zeit hinaus fort, in welcher die Reizung stattfindet, wie sich auch eine Art von Nachwirkung spüren lässt, die in diesem Falle sich am deutlichsten in Bezug auf die Kohlensäure ausgesprochen hat.

Im Versuche II sind die Verhältnisse in Vielem denjenigen im Versuche I ähnlich; nur war die Abnahme der Herzfrequenz nicht so gross. Die Curven für die Reizung bieten nichts Bemerkenswerthes dar, wir möchten doch nur auf die den Proben 2 u. 3 entsprechenden entgegengesetzten Bewegungen der beiden Curven aufmerksam machen.

Das Reizungsergebnis selbst ist hier wieder ein Fallen des Stoffwechsels, das am stärksten in Bezug auf den Sauerstoff ist. Hier ist indess das Auffallende, dass die Sauerstoffcurve in der Probe 7 sich in bedeutendem Grade gehoben hat, wogegen die Kohlensäure in abwärts gehender Bewegung ist, ein Umstand, der, wie schon früher besprochen, die Unabhängigkeit der beiden Processe von einander beweist.

Das Charakteristische dieser Versuche zeigte sich also nicht nur durch ein starkes Fallen des Stoffwechsels, sondern äusserte sich auch darin, dass das Fallen des Sauerstoffes so sehr bedeutender als das Fallen der Kohlensäure ist, welches sich deutlich am starken Steigen des respiratorischen Quotienten während der Reizung kund giebt. Es ist im Versuche I a der Quotient für die Reizung so nur 0.08, derselbe steigt aber während des Versuches auf mehr als 1.

Wir werden nun die zweite Gruppe näher betrachten, zu denen die Versuche III und IV gehören. Beginnen wir dann mit III, so werden wir hier für die Reizung Schwingungen sowohl der Sauerstoff- als der Kohlensäurecurven finden und ausserdem die beiden Curven in parallelem Verlaufe beobachten. Der Reizung entsprechend, durch welche die Anzahl der Contractionen des Herzens von 100 bis auf 45 herabgesetzt wurde, finden wir ein bedeutendes Steigen des Stoffwechsels, ein Steigen, das etwas grösser in Bezug auf die Kohlensäure als in Bezug auf den Sauerstoff ist.

Die Wirkung beginnt gleich in der Probe 15, wird in der Probe 16 fortgesetzt und erreicht hier ihren Höhepunkt, indem gleichzeitig die beiden Curven genau auf denselben Punkt sich erhoben haben, mit anderen Worten, der respiratorische Quotient, der vor der Reizung ca. 0.9 war, wird jetzt = 1. In der Probe 17 beginnen beide Curven wieder zu fallen, und bewegen sie sich während ihres Fallens ungefähr in paralleler Richtung; durch neue Reizung steigt der Stoff-

wechsel wieder, dieses Mal in Bezug auf beide Curven gleich stark; die Wirkung hält sich wie früher, in zwei Proben, um darauf wieder zu fallen. In diesem Versuche waren indess die Nervi vagi nicht unterhalb des Diaphragmas durchschnitten, es liess sich deshalb eine Einwirkung auf die grossen Organe des Unterleibes als Ursache des hohen Steigens im Stoffwechsel vermuthen. Dass dieses nun nicht der Fall ist, ersieht man aus dem Versuche IV. Hier sind nämlich während der ersten Reizung (Curve IV *a*) die Nervi vagi in unbeschädigtem Zustande, während sie im Versuche IV *b* unterhalb des Diaphragmas durchschnitten waren. Im ersten Falle sehen wir ein recht lebhaftes Schwingen sowohl der Sauerstoff- als der Kohlensäurecurve, doch am stärksten in Bezug auf den Sauerstoff. Die Reizungswirkung tritt gleich in der Probe 8 ein, hat jedoch wieder in der Probe 9 aufgehört; nach der Reizung sind die Schwingungen etwas kleiner als vor derselben. Im Versuche IV *b*, der nach Durchschneidung der Nerven unterhalb des Diaphragmas vorgenommen wurde, sind die Schwingungen überall nur klein. Die Reizungswirkung tritt gleich in der Probe 21 ein. Das Fallen nach der Reizung geht in Bezug auf die Kohlensäure in zwei Absätzen vor sich, wogegen die Sauerstoffcurve sogleich auf ihren Beharrungspunkt herabfällt; beide Curven trifft man nach der Reizung weiter abwärts als vor derselben, es zeigt sich also hier wieder eine Art Nachwirkung; der letztgenannte Versuch ergiebt deutlich, dass die Organe des Unterleibes nicht die Ursache des gewonnenen Resultates sind, indem dieses sich unverändert hält, wenn auch die Nervi vagi unterhalb des Diaphragmas durchschnitten sind. Das Wichtigste bei den Versuchen bleibt das bei allen vier Reizungen stattfindende Steigen des Stoffwechsels, ein Steigen, welches etwas grösser in Bezug auf die Kohlensäure als auf den Sauerstoff ist.

Der Unterschied, den wir nun in den beiden Versuchsgruppen im respiratorischen Stoffwechsel finden, wäre leicht erklärbar, insofern anzunehmen wäre, dass die durch die Lungen strömende Blutmenge in den beiden Fällen verschieden sei. Einer solchen Annahme treten indess mehrere Schwierigkeiten entgegen; in der ersten Gruppe war die Zahl der Herzschläge von 100 auf 38 (Versuch II) herabgesetzt; in der zweiten von 100 auf 45. Dass im ersten Falle weniger Blut durch die Lunge gehe, ist wahrscheinlich, dass aber im zweiten Falle trotz einer Herabsetzung der Zahl der Herzschläge auf weniger als die Hälfte mehr Blut durch die Lunge gehe, ist nach den Versuchen früherer Forscher in hohem Grade unwahrscheinlich. Jeder Herzschlag sollte dann hier nicht so wenig mehr als die doppelte Blutmenge wie vor der Reizung des Vagus liefern; nun ist wohl bei der Reizung des Vagus eine Vermehrung

des Herzvolumens nachgewiesen worden, theils bei Hunden von Pawlow,<sup>1</sup> theils bei Kaninchen von M. William<sup>2</sup> und Tigerstedt und Johansson<sup>3</sup>; diese Vermehrung ist aber sehr gering, nicht annäherungsweise so gross als diejenige, die erforderlich wäre, damit, während die Zahl der Herzschläge von 100 auf 45 herabgesetzt wäre, eine grössere Blutmenge durch die Lungen gehen könne. Nur wo das Herz dem Sterben nahe, ist die Vermehrung des Herzvolumens während der Reizung des Vagus bedeutend. Die Wirkung erstreckt sich dann nicht wenig über die Zeit hinaus, welche die Reizung dauert (Pawlow). In unseren Versuchen arbeitete aber das Herz die ganze Zeit in regelmässiger kräftiger Weise. Wahrscheinlich ist deshalb die Veränderung im respiratorischen Stoffwechsel während der Vagusreizung durch Einwirkung dieses Nerven auf das Lungengewebe zu erklären.

Das Sichere indess aus den Versuchen ist folgendes:

Der Nervus vagus enthält zur Lunge und zum Herzen laufende Fasern, deren Reizung zwei einander durchaus entgegengesetzte Wirkungen hervorzurufen vermag, nämlich:

a) theils ein durch weit stärkeres Fallen der Sauerstoffaufnahme als der Kohlensäureausscheidung charakterisirtes Fallen des Stoffwechsels;

b) theils ein durch weit stärkeres Steigen der Kohlensäureausscheidung als der Sauerstoffaufnahme charakterisirtes Steigen des Stoffwechsels.

## II. Veränderung im respiratorischen Stoffwechsel, hervorgerufen durch Reizung des centralen Vagusendes.

Die jetzt des Näheren zu besprechenden Versuche sind ganz in derselben Weise wie die früheren Versuche vorgenommen worden; auch hier sind beide Nervi sympathici vor Beginn des Versuches durchschnitten worden. Der Zweck dieser Versuche ist die Untersuchung, ob eine Reizung des centralen Vagusendes auf reflectorischem Wege solche Stoffwechselveränderungen hervorbringe, dass diese als directe Einwirkung auf die Lunge zu deuten wären. Es müsste dann die Reflexwirkung als durch ein im verlängerten Mark liegendes Centrum ausgelöst und als von hieraus durch das Rückenmark, Rami communicantes und Ganglion stellatum zur Lunge geleitet gedacht werden.

<sup>1</sup> *Archiv für Anat. u. Physiol.* Jahrgang 1887. Phys. Abth. S. 451.

<sup>2</sup> *Journal of Physiology.* IX.

<sup>3</sup> *Mittheilungen des physiol. und Carolinischen Instituts.* Bd. II.

Was die Reizungswirkung betrifft, so zeigt dieselbe sich als ein Steigen des Stoffwechsels, aber dieses Steigen ist bedeutend höher in Bezug auf die Sauerstoffaufnahme als in Bezug auf die Kohlensäureausscheidung, ja in einem einzelnen Versuche (Vers. V) ist die letztere ungefähr gar nicht beeinflusst; dieser Unterschied im Steigen der beiden Prozesse giebt sich dann kund durch ein starkes Fallen des respiratorischen Quotienten. Die Dauer der Reizungswirkung ist häufig eine kurze, d. i. wir finden die Wirkung nur einer einzelnen Probe der Ausathmungsluft entsprechend; im Versuche VII *a* und *b* findet sich doch eine solche, die sich über zwei Probenahmen erstreckt. Im Versuche VIII endlich wird durch die Reizung ein Steigen von längerer Dauer hervorgebracht, indem dasselbe sich von der Probe 17 bis auf den Schluss des Versuches erstreckt. Die Wirkung scheint in diesem Falle tetanischer Art zu sein. In keinem der vorliegenden Versuche aber findet sich irgend etwas, das als Nachwirkung zu deuten wäre. In Betreff des Zeitpunktes des Eintretens der Reizungswirkung finden wir in beinahe allen Versuchen eine mehr als 10 Secunden betragende Latenzzeit, indem das Steigen nicht demjenigen Behälter entsprechend eintritt, in dem die während der Reizung ausgeathmete Luft aufgesammelt ist, sondern erst in dem nachfolgenden sich findet.

Nur in einem Falle (Vers. VI *b*) finden wir eine gleich eintretende Wirkung, wie dieser Versuch sich von den übrigen Versuchen auch in Bezug auf starkes Steigen der Kohlensäure bei der Reizung unterscheidet.

Die recht bedeutende Latenzzeit, mit der wir uns nun hier beschäftigt, scheint indess darauf zu deuten, dass wir mit keiner Einwirkung auf die Lungen hier zu thun haben, indem sonst das Steigen wahrscheinlich geschwinder eingetreten wäre als es der Fall war; eher ist die Wirkung durch eine Reizung der zum Kopfe gehenden vasomotorischen Nerven zu erklären. Da es mir aber noch nicht geglückt ist, diese Frage zur Entscheidung zu bringen, werde ich auf die Deutung dieser Versuche hier nicht näher eingehen.

Was dann übrigens das Detail der einzelnen Versuche beträfe, wäre auf das Versuchsprotokoll zu verweisen.

Ausser den Versuchen, in welchen die Reizung des centralen Vagusendes deutlich wahrzunehmende Wirkung hervorgerufen hat, finden sich doch noch drei Fälle, in denen alle Wirkung ausgeblieben ist; in zweien derselben (Versuch IX und X) lässt sich der Mangel an Wirkung vielleicht damit in Zusammenhang bringen, dass die Reizung des peripheren Vagusendes wegen Anwendung der oben besprochenen unklaren Curarelösung durchaus keine Veränderung in den Bewegungen

des Herzens hervorgerufen. Was den dritten Versuch (Vers. XI) betrifft, so finden wir ebenfalls dort trotz sehr starker Beeinflussung des Herzens durch Reizung des peripheren Vagusendes keine Wirkung auf die Lungen. Wir vermögen deshalb nicht die ausfallende Wirkung hier als Ausdruck einer Lähmung des Vagus zu erklären. Was die Sauerstoffcurve betrifft, so sehen wir, dass sie in ihrer Form keiner der anderen Sauerstoffcurven ähnelt. Es besteht dieselbe nämlich aus einer sehr wenig schwingenden mittleren Partie, wie sie an ihrem Anfang wie auch an ihrem Schlusse ein sehr bedeutendes, plötzlich eintretendes Fallen zeigt. Auch die Kohlensäurecurve zeigt eine ähnliche Form, obgleich die Ausschläge sich weniger deutlich aussprechen. Im Uebrigen findet sich hier, wie schon früher besprochen, die Eigenthümlichkeit, dass das erste Fallen der Kohlensäurecurve (der Probe 4 entsprechend) später als das entsprechende Fallen der Sauerstoffcurve eintritt.

---

Diese Untersuchungen sind in dem physiologischen Laboratorium der Universität in Kopenhagen angestellt. Ich bitte Herrn Professor Bohr für die Anleitung, die er mir während der Arbeit zu Theil werden liess, meinen besten Dank entgegenzunehmen.

---

### Versuchsprotokoll.

In den Versuchen bedeutet  $R$  die Anzahl der Respirationen in 1 Minute,  $V$  das Volumen in derselben Zeit expirirten Gases.

Die Zahlen der Rubriken  $\%$   $\text{CO}_2$  und  $\text{O}_2$  geben die procentige Menge der Kohlensäure resp. des Sauerstoffes in der Expirationsluft an.

$\%$  aufgen.  $\text{O}_2$  bedeutet die Menge des absorbirten Sauerstoffes für je 100<sup>ccm</sup> Expirationsgas. Die Zahlen sind unter der Voraussetzung berechnet, dass die absolute Menge des Stickstoffes in dem in- und expirirten Gase dieselbe ist.

Die Luftprobe, welche einer Nervenreizung entspricht, ist mit einem \* bezeichnet.

In den Versuchen V, X und XI sind die Luftproben in einem Zeitraum von ca. 16 Sec. genommen, und die Intervalle zwischen zwei Proben war 5 Sec. In allen übrigen Versuchen war die Dauer der Probenahme ca. 10 Sec. und die der Intervalle 2 Sec.

---



A. Versuche über Veränderungen des respiratorischen Stoffwechsels, die durch Reizung der peripheren Vagusendung hervorgerufen wird.

Versuch I a und b mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1750<sup>g</sup> war. Zuerst Curare gegeben, darauf wurden beide Nervi vagi durchschnitten, wogegen der Nervus sympathicus vor der Curarisierung durchschnitten wurde.  $R = 31$ .  $V = 290^{\text{cm}}$ . Um 6 Uhr 25 Min. wurde der Oesophagus durchschnitten. Um 7 Uhr 10 Min. begann die Probenahme.

Versuch I a.				Vers. Ib, 7 Uhr 20 M. begonn.			
Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>	Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>
1	4.01	16.29	4.86	15	4.03	16.40	4.71
2	4.03	16.29	4.85	16	4.01	16.39	4.73
3	4.03	16.26	4.89	17	4.01	16.39	4.73
4	4.07	16.23	4.92	18	4.04	16.36	4.76
5	4.01	16.27	4.88	19	4.01	16.37	4.75
6	3.96	16.40	4.73	20	4.01	16.37	4.75
7	4.00	16.34	4.79	21	4.03	16.37	4.75
8	4.10	16.21	4.93	22	4.01	16.34	4.79
9	4.06	16.24	4.91	23	4.03	16.37	4.75
*10	3.77	16.89	4.16	*24	3.70	17.17	3.82
11	3.47	17.54	3.42	25	3.83	17.07	3.92
12	4.00	16.44	4.67	26	4.10	16.44	4.64
13	4.11	16.13	5.03	27	4.14	16.30	4.81
14	4.13	16.16	4.99	28	4.11	16.29	4.83

Bei beiden Reizungen stand das Herz beinahe ganz still, indem sich während der 10 Sekunden, in denen die Reizung anhält, nur einige sehr wenige Contractionen zeigten. Bei nachfolgender Section fand man beide Nervi vagi unterhalb des Diaphragmas durchschnitten.

Versuch II mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1900<sup>g</sup> war.

Zuerst wurde der Sympathicus durchschnitten. Die künstliche Respiration um 7 Uhr 10 Min. begonnen. Kurz darauf die Nervi vagi durchschnitten und in den Elektroden angebracht. Die Wirkung auf des Herz wurde vor dem Versuche geprüft.  $R = 34$ .  $V = 290^{\text{cm}}$ . Die Probenahme um 8 Uhr 50 Min. begonnen. Der Oesophagus 8 Uhr 5 Min. durchschnitten.

## Versuch II.

Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	4.41	15.39	5.89	*6	4.26	15.80	5.41
2	4.43	15.33	5.96	7	4.24	15.67	5.58
3	4.46	15.39	5.87	8	4.37	15.51	5.75
4	?	?	?	9	4.44	15.44	5.82
5	4.43	15.41	5.86				

Bei der Reizung setzte sich die Zahl der Contractionen des Herzens von 100 auf 38 herab.

Versuch III mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 2350<sup>g</sup> war.

Die künstliche Respiration begann um 5 Uhr 30 Min. Kurz darauf wurden die Nervi vagi und sympathici durchschnitten. Dann wurden um 6 Uhr 50 Min. die peripheren Vagusendungen in den Elektroden angebracht.  $R = 35$ .  $V = 275^{mm}$ . Die Probenahme wurde um 7 Uhr 20 Min. begonnen.

## Versuch III.

Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	3.29	17.59	3.40	*15	3.97	16.91	4.08
2	3.29	17.59	3.40	16	4.27	16.70	4.27
3	3.31	17.56	3.43	17	3.83	17.20	3.75
4	3.36	17.51	3.48	18	3.70	17.31	3.65
5	3.29	17.59	3.40	19	3.54	17.44	3.52
6	3.29	17.59	3.40	20	3.47	17.50	3.47
7	3.37	17.50	3.49	21	3.44	17.54	3.42
8	3.37	17.50	3.49	22	3.30	17.67	3.30
9	?	?	?	23	3.34	17.60	3.37
10	3.34	17.53	3.46	24	3.40	17.59	3.37
11	3.38	17.49	3.50	*25	4.11	16.89	4.07
12	?	?	?	26	4.08	16.97	3.98
13	3.34	17.51	3.49	27	3.59	17.44	3.51
14	3.40	17.46	3.54	28	3.56	17.46	3.49

Bei Reizung setzte sich die Zahl der Contractionen des Herzens beidemale von 100 auf 45 herab. Durch Verstärkung der Reizung erlangte man keine weitere Verminderung der Zahl der Contractionen.

Versuch IVa u. b mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 2550<sup>g</sup> war.

Die Nervi sympathici wurden zuerst durchschnitten. Um 7 Uhr 10 Min. begann die künstliche Respiration. Kurz darauf wurden beide Nervi vagi durchschnitten und die peripheren Endungen derselben in den Elektroden angebracht.  $R = 36$ .  $V = 300^{mm}$ . Um 7 Uhr 55 Min. begann die Probenahme. Der Oesophagus um 8 Uhr 5 Min. durchschnitten.

Versuch IV a.				Vers. IVb, 8 Uhr 25 M. begann.			
Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>	Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>
1	3.97	16.77	4.26	14	2.73	18.56	2.32
2	4.00	16.80	4.21	15	2.66	18.60	2.29
3	3.87	16.87	4.16	16	2.76	18.53	2.35
4	4.00	16.74	4.29	17	2.71	18.57	2.31
5	3.99	16.81	4.20	18	2.73	18.56	2.32
6	3.89	16.90	4.11	19	2.71	18.57	2.31
7	3.99	16.86	4.14	20	2.66	18.63	2.25
*8	4.59	16.27	4.73	*21	3.24	18.19	2.65
9	4.04	16.84	4.15	22	2.81	18.71	2.11
10	3.97	16.87	4.13	23	2.57	18.76	2.11
11	3.97	16.84	4.17	24	2.66	18.66	2.21
12	4.00	16.81	4.20	25	2.59	18.73	2.14
13	3.97	16.87	4.13	26	2.64	18.66	2.22

Die Reizung setzte beidemale die Contractionen des Herzens von 100 auf 45 herab. Durch Erhöhung der Reizungsstärke erlangte man keine weitere Herabsetzung letzterer Zahl. Bei nachfolgender Section fand man beide Nervi vagi nebst dem Oesophagus durchschnitten.

### B. Versuche über Veränderungen des respiratorischen Stoffwechsels, die durch Reizung der centralen Vagusendung hervorgerufen wird.

Versuch V mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1650 \* war.

Um 12 Uhr 45 Min. begann die künstliche Respiration. Es wurden darauf die Nervi vagi und sympathici durchschnitten. Um 1 Uhr 30 Min. wurden die centralen Vagusenden in den Elektroden angebracht.  $R = 30$ .  $V = 240$ .

Versuch V.							
Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>	Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>
1	3.30	16.25	5.09	15	3.23	16.33	5.01
2	3.20	16.27	5.09	16	3.37	16.20	5.14
3	3.40	16.12	5.23	17	3.17	16.89	4.95
4	3.27	16.33	5.00	18	3.40	16.17	5.17
5	3.24	16.31	5.03	19	3.19	16.33	5.02
6	3.30	16.30	5.03	20	3.43	16.20	5.12
7	3.16	16.37	4.98	21	3.23	16.34	5.00
8	3.39	16.17	5.17	22	3.41	16.14	5.20
9	3.16	16.43	4.90	*23	3.26	16.33	5.00
10	3.34	16.23	5.11	24	3.46	15.97	5.41
11	3.19	16.37	4.97	25	3.37	16.21	5.13
12	3.30	16.27	5.07	26	3.30	16.14	5.23
13	3.29	16.29	5.05	27	3.43	16.18	5.21
14	3.34	16.24	5.10				

Bei der Reizung der peripheren Vagusendung nach Schluss des Versuches fand man deutliche Wirkung auf's Herz. (Zur Curarevergiftung war eine eben zubereitete klare Lösung angewandt worden.)

Die Steigerung des Sauerstoffes tritt, wie besprochen, nicht gleich zum Vorschein. Die Kohlensäureausscheidung wird ungefähr gar nicht beeinflusst. Im Uebrigen zeigt uns der Versuch ein sehr regelmässiges Schwingen beider Curven. Den Nummern 4—5 und 25—26 entsprechend bewegen sich die Curven in entgegengesetzter Richtung.

Versuch VI a und b mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 2450<sup>g</sup> war.

Es wurden zuerst die Nervi sympathici und vagi durchschnitten. Die künstliche Respiration begann um 2 Uhr 35 Min.

Die centralen Vagusendungen wurden in den Elektroden um 8 Uhr 10 Min. angebracht.  $R = 20$ .  $V = 290$  <sup>ccm</sup>.

Vers. VI a 3 Uhr 35 Min. begunn.				Vers. VI b, 8 Uhr 55 Min. begunn.			
Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>	Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>
1	3.93	15.59	5.76	11	3.16	17.01	4.17
2	3.94	15.60	5.75	12	3.16	16.97	4.22
3	3.97	15.54	5.82	13	3.19	16.96	4.23
4	4.01	15.50	5.86	14	3.17	16.97	4.22
5	4.01	15.52	5.83	15	3.24	16.91	4.28
6	4.01	15.52	5.83	16	3.21	16.91	4.28
7	4.03	15.53	5.81	*17	3.30	16.80	4.40
*8	3.99	15.52	5.84	18	3.20	16.94	4.25
9	4.04	15.40	5.97	19	3.21	16.91	4.28
10	4.03	15.49	5.86				

Um 3 Uhr 40 Min. erhöht sich die Zahl der Respirationen auf 30.  $V = 435$  <sup>ccm</sup>.

Bei Reizung der peripheren Vagusendung nach dem Versuche fand man deutliche Wirkung auf's Herz.

Die Schwingungen vor der Reizung sind nicht besonders stark. Im Versuche VI b tritt die Reizungswirkung sofort ein. Dagegen findet man im Versuche VI a eine Latenzzeit von ca. 10 Sec. Die Kohlensäureausscheidung hat sich bei der Reizung ungefähr gar nicht vermehrt.

Versuch VII a u. b mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1500<sup>g</sup> war.

Die Nervi sympathici wurden zuerst durchschnitten. Die künstliche Respiration begann um 2 Uhr 20 Min. Die Nervi vagi wurden durchschnitten und um 2 Uhr 45 Min. in den Elektroden angebracht.  $R = 35$ .  $V = 270$  <sup>ccm</sup>. Die Probennahme begann um 3 Uhr.

Versuch VII a.				Vers. VIIb, 3 Uhr 40 M. begunn.			
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	3.59	16.10	5.21	14	2.43	18.04	3.06
2	3.59	16.09	5.22	15	2.44	18.04	3.11
3	3.59	16.07	5.25	16	2.44	18.08	3.07
4	3.60	16.07	5.24	17	2.44	18.01	3.09
5	3.60	16.09	5.22	18	2.44	18.03	3.07
6	3.59	16.10	5.21	19	2.43	18.04	3.06
7	3.59	16.07	5.25	20	2.40	18.07	3.08
8	3.60	16.09	5.22	21	2.39	18.07	3.08
*9	3.59	16.09	5.22	22	2.37	18.13	2.96
10	3.67	15.91	5.43	*23	2.36	18.10	3.00
11	3.64	15.91	5.43	24	2.37	18.17	2.91
12	3.59	16.00	5.33	25	2.43	17.99	3.12
13	3.54	16.10	5.22	26	2.46	17.91	3.22

Um 3 Uhr 10 Min. wird die Respiration in der Weise verändert, das  $R = 35$  und  $V = 585^{ccm}$  wird.

Bei der Reizung der peripheren Vagusendung nach dem Versuche fand man sehr starke Wirkung auf's Herz.

Versuch VIII mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 2450<sup>g</sup> war.

Die künstliche Respiration wurde um 2 Uhr 50 Min. begonnen. Darauf die Nerven durchschnitten. Die Nervi vagi werden um 3 Uhr 30 Min. in den Elektroden angebracht.  $R = 32$ .  $V = 320^{ccm}$ . Die Probenahme hat um 3 Uhr 55 Min. begonnen.

Versuch VIII.							
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	3.92	15.89	5.39	13	3.88	15.93	5.35
2	3.90	15.87	5.42	14	3.90	15.93	5.34
3	3.91	15.91	5.36	15	3.91	15.87	5.41
4	?	?	?	16	3.90	15.93	5.34
5	3.87	15.94	5.34	*17	3.96	15.83	5.45
6	3.93	15.90	5.37	18	3.96	15.76	5.54
7	3.88	15.94	5.33	19	4.01	15.73	5.56
8	3.96	15.87	5.40	20	3.96	15.84	5.44
9	3.87	15.96	5.31	21	4.01	15.74	5.55
10	3.93	15.90	5.37	22	4.04	15.64	5.67
11	3.88	15.90	5.38	23	4.03	15.64	5.67
12	3.90	15.94	5.33				

Bei der Reizung der peripheren Vagusendung nach dem Versuche fand man sehr starke Wirkung auf's Herz, indem dasselbe völlig stille stand.

Versuch IX mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 2000<sup>g</sup> war.

Die künstliche Respiration begann um 2 Uhr 45 Min. Die Nerven wurden kurz darauf durchschnitten. Die Nervi vagi wurden um 3 Uhr 15 Min. in den Elektroden angebracht.  $R = 36$ .  $V = 290$  <sup>ccm</sup>.

Versuch IX.							
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	2.89	16.79	4.52	15	2.89	17.00	4.28
2	2.76	16.89	4.43	16	2.73	17.11	4.16
3	2.81	16.74	4.60	17	2.83	16.96	4.32
4	2.87	16.66	4.69	18	2.98	16.74	4.57
5	2.94	16.59	4.76	19	2.86	16.86	4.44
6	2.86	16.69	4.65	20	2.83	16.84	4.47
7	2.84	16.69	4.66	21	2.87	16.77	4.55
8	2.87	16.66	4.69	*22	2.91	16.76	4.55
9	2.94	16.63	4.71	23	2.91	16.76	4.55
10	2.90	16.66	4.68	24	2.87	16.77	4.55
11	2.83	16.84	4.47	25	2.86	16.81	4.50
12	2.81	16.87	4.44	26	2.98	16.77	4.54
13	2.87	16.81	4.50	27	2.94	16.71	4.61
14	2.91	16.74	4.58	28	2.83	16.80	4.40

Wegen des trüben Aussehens der benutzten Curarelösung zeigte sich, als nach Schluss des Versuches die periphere Vagusendung gereizt wurde, durchaus keine Wirkung auf's Herz.

Versuch X mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1650<sup>g</sup> war.

Die künstliche Respiration begann um 6 Uhr. Die Nerven wurden kurz darauf durchschnitten.  $R = 23$ .  $V = 225$  <sup>ccm</sup>. Die Probenahme begann um 6 Uhr 55 Min.

Versuch X.							
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	5.17	15.13	6.01	7	5.21	15.11	6.03
2	5.13	15.20	5.94	8	5.26	15.03	6.12
3	5.26	15.00	6.16	9	5.18	15.16	5.97
4	5.09	15.17	5.99	10	5.20	14.99	6.18
5	5.17	15.11	6.04	*11	5.18	15.10	6.05
6	5.27	15.01	6.14	12	5.27	15.00	6.15

Nach dem Versuche fand man bei der Reizung der peripheren Vagusendung nicht die geringste Wirkung auf's Herz. Die angewendete Curarelösung hatte längere Zeit gestanden und war unklar.

Versuch XI mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1500 g war.

Die künstliche Respiration begann um 1 Uhr 30 Min. Um 2 Uhr 25 Min. wurden die Nervi sympathici und vagi durchschnitten. Die centralen Vagusendungen wurden um 2 Uhr 35 Min. in den Elektroden angebracht.  $R = 24$ .  $V = 320$  ccm. Die Probenahme begann um 2 Uhr 50 Min.

Versuch XI.							
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	2.68	17.53	3.65	8	2.67	17.61	3.54
2	2.67	17.57	3.59	9	2.63	17.61	3.55
3	2.66	17.82	3.28	10	2.70	17.54	3.62
4	2.53	17.61	3.58	*11	2.71	17.61	3.53
5	2.66	17.64	3.50	12	2.71	17.49	3.68
6	2.66	17.64	3.50	13	2.63	17.81	3.30
7	2.64	17.66	3.48	14	2.63	17.77	3.35

Bei der Reizung der peripheren Vagusendung sehr starke Wirkung auf's Herz.

Versuch XII a u. b mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1700 g war.

Die künstliche Respiration begann um 7 Uhr 25 Min. Darauf wurden beide Nervi sympathici durchschnitten. Um 7 Uhr 55 Min. fand die Sperrung der Aorta mittels Einführung des Katheters durch die Aorta abdominalis statt. Die Nervi vagi wurden um 8 Uhr 15 Min. durchschnitten.  $R = 30$ .  $V = 315$  ccm. Die Probenahme begann um 8 Uhr 55 Min.

Versuch XII a.				Vers. XIIb, 9Uhr 55M. begunn.			
Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>	Nr.	%CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	%aufg.O <sub>2</sub>
1	1.01	20.19	0.72	12	0.67	20.39	0.55
2	1.01	20.19	0.72	13	0.68	20.39	0.55
3	1.01	20.17	0.74	14	0.68	20.36	0.59
4	1.01	20.19	0.72	15	0.68	20.36	0.59
5	1.01	20.19	0.72	16	0.68	20.36	0.59
6	1.01	20.14	0.78	17	0.67	20.39	0.55
*7	1.00	20.16	0.76	18	0.67	20.37	0.58
8	1.01	20.16	0.75	19	0.67	20.36	0.59
9	1.01	20.16	0.75	20	0.67	20.37	0.58
10	1.01	20.14	0.78	*21	0.67	20.39	0.55
11	?	?	?				

Um 9 Uhr 20 Min. wurde der mittlere Theil des Halsknochenmarkes durchschnitten. Die Probenahme wurde wieder um 9 Uhr 55 Min. begonnen.

Bei der Reizung der peripheren Vagusendung nach dem Versuche fand man nur unbedeutende Wirkung (trübe Curarelösung) auf's Herz. Bei nachfolgender Section wurde die Blase etwas oberhalb des Diaphragmas gefunden. Das Lumen der Aorta war vollständig gesperrt.

Versuch XIII mit einem Kaninchen, dessen Gewicht = 1300<sup>g</sup> war.

Die künstliche Respiration hat um 10 Uhr 50 Min. begonnen.

Die Nerven liess man unberührt.  $R = 28$ .  $V = 300$  <sup>ccm</sup>.

Versuch XIII.							
Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>	Nr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	% aufg. O <sub>2</sub>
1	3.64	16.81	4.30	5	3.54	16.89	4.22
2	3.61	16.95	4.13	6	3.47	16.96	4.15
3	3.60	16.99	4.08	7	3.44	16.81	4.35
4	3.54	17.03	4.04	8	3.41	16.89	4.26

### Erklärung der Curven.

Die Abscissen geben den Zeitpunkt für die Probenahme des Gases an, und die Ordinaten die Werthe des absorbirten Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure.

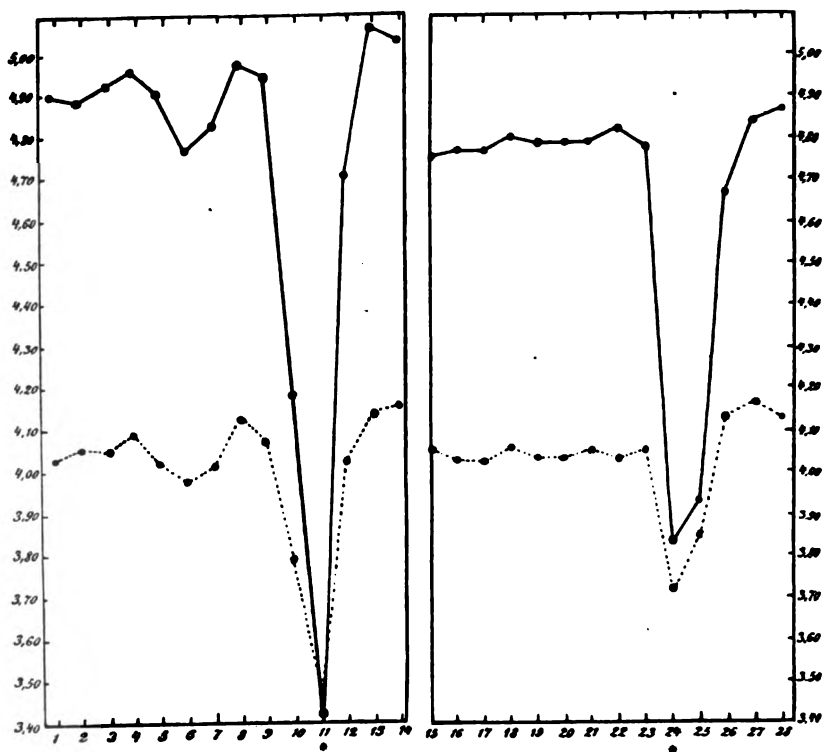
Die Zahlen der ersten Werthe sind rechts und die der zweiten links an der Figur angegeben.

Die Abscissenpunkte, der Reizung des Nervus vagus entsprechend, sind mit bezeichnet.

Die voll aufgezogenen Linien geben die Sauerstoffcurve, die punktirten Linien die Kohlensäurecurve an.

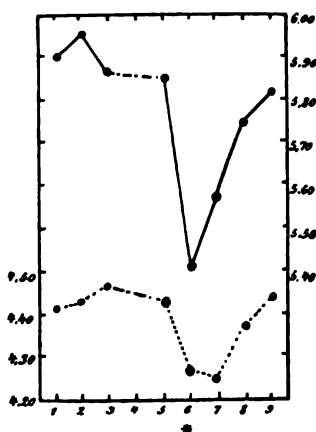
Die laufenden Nummern der Figuren sind denen der entsprechenden Versuchen gleich.



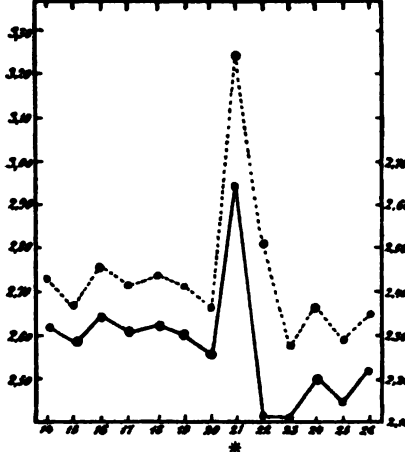
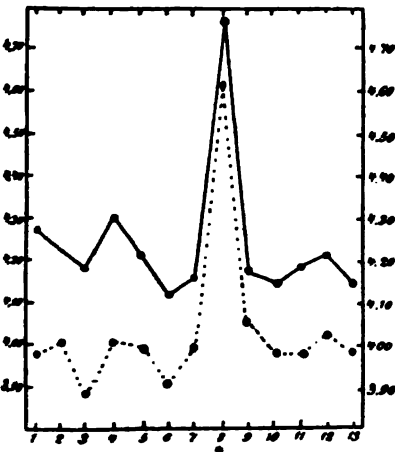
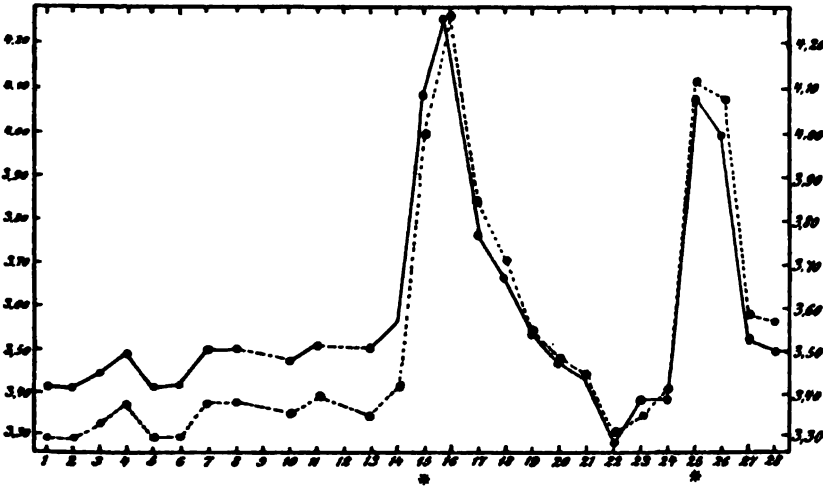


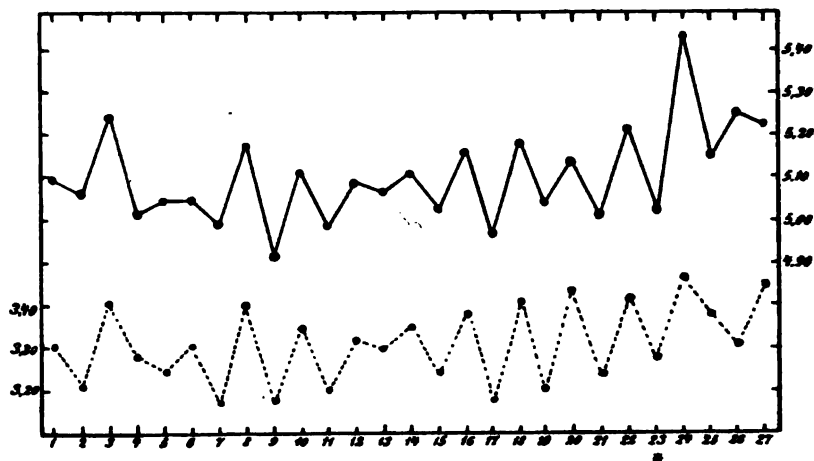
Curve I a.

Curve I b.

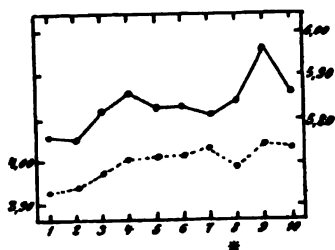


Curve II.

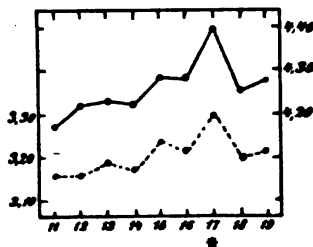




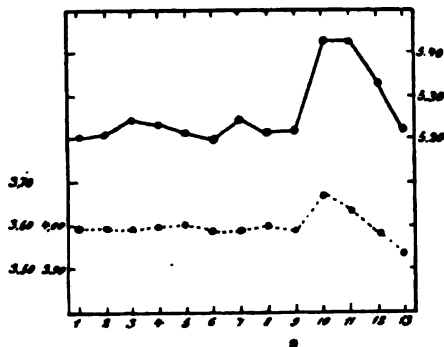
Curve V.



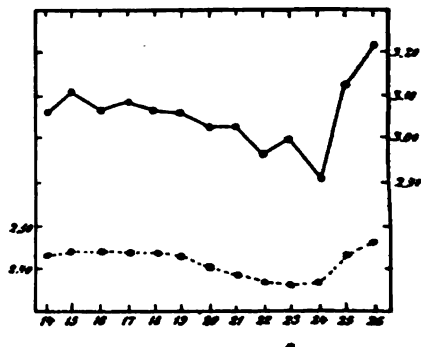
Curve VI a.



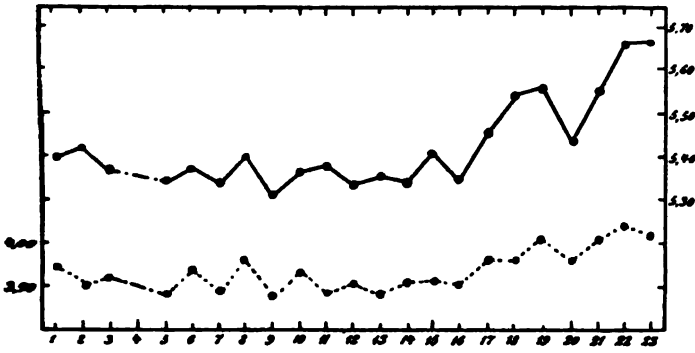
Curve VI b.



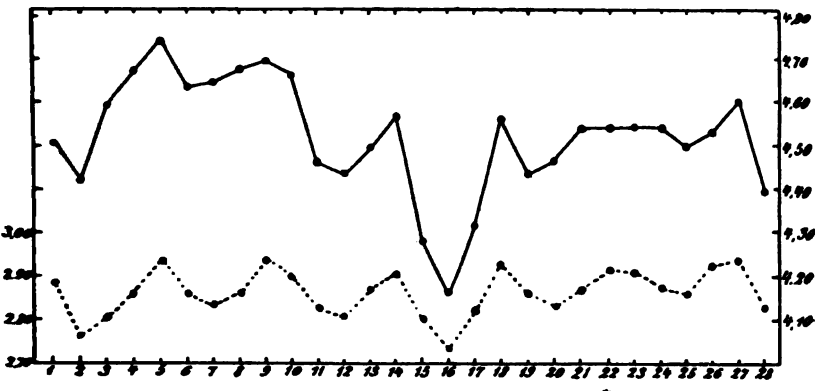
Curve VII a.



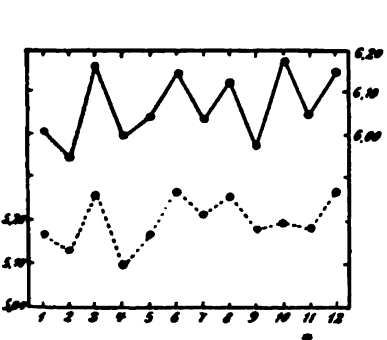
Curve VII b.



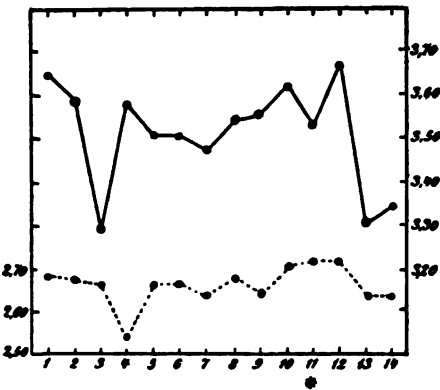
Curve VIII.



Curve IX.

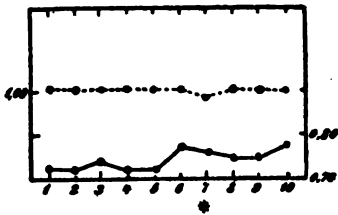


Curve X.

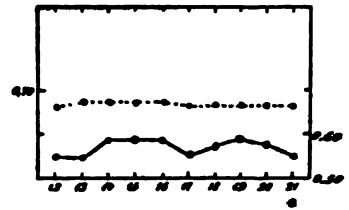


Curve XI.

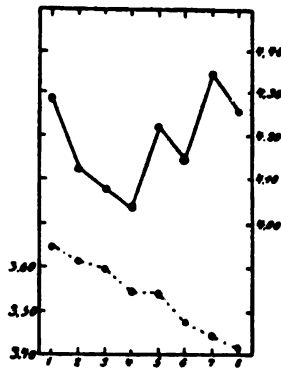
15\*



Curve XII a.



Curve XII b.



Curve XIII.

# Untersuchung des Blutdruckes im Lungenkreislauf.<sup>1</sup>

Von

Valdemar Henriques.

---

In einer früheren Abhandlung über die Lungenrespiration habe ich gezeigt, dass theils eine regelmässige Schwingung in der Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft stattfindet, theils, dass sich die Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft bedeutend, bei Reizung sowohl des peripheren als centralen Vagusendes, verändert. Um nun zu untersuchen, ob diese Veränderungen in der Zusammensetzung der Expirationsluft mit entsprechenden Veränderungen im Lungenkreislauf in Verbindung stehen, habe ich mehrere Versuche gemacht, bei welchen ich gleichzeitig die Höhe des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis und in der linken Auriculus cordis gemessen habe. Bevor ich aber meine Versuchsmethode näher bespreche, will ich die früher ausgeführten Untersuchungen des Blutdruckes im Lungenkreislauf kurz berühren.

Diese Untersuchungen sind namentlich vorgenommen worden, um die von Physiologen so sehr bestrittene Frage zu lösen, ob die Lunge überhaupt mit vasomotorischen Nerven versehen sei, und wie deren Verlauf ist. Von den Forschern, welche sich mit dieser Frage besonders beschäftigt haben, will ich hier nur einige nennen, nämlich: Fick und Badoud, Brown-Séquard und Schiff; sie meinen alle, dass die Lunge mit vasomotorischen Nerven versehen sei, über deren Verlauf machen sich aber verschiedene Auffassungen geltend. Die von diesen Forschern angewendeten Versuchsmethoden scheinen mir aber nicht genügend verlässlich; ein weit grösseres Interesse bietet aber die Reihe

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 4. Mai 1892.

von Untersuchungen, welche Morel<sup>1</sup> unter Chaveau's Leitung gemacht hat.<sup>2</sup>

Morel fand bei seinen Versuchen, dass eine Reizung der Unterleibsorgane (sei es eine mechanische oder elektrische), eine bedeutende Steigerung des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis hervorruft, und dass diese Steigerung auch stattfindet, nachdem beide Nervi vagi durchschnitten waren. Daraus schliesst er, dass erstens die Lunge mit vasomotorischen Nervenfasern versehen ist, auf welche reflectorisch durch Reizung der Unterleibsorgane eingewirkt werden kann; zweitens dass diese Nervenfasern nicht in die Nervi vagi verlaufen, sondern in die Nervi sympathici. Diese Versuche, welche beim ersten Anblick sehr überzeugend zu sein scheinen, leiden doch an einem sehr wesentlichen Mangel, dem nämlich, dass der Blutdruck nicht gleichzeitig an beiden Seiten der Lungencapillaren gemessen worden ist. Es ist ja einleuchtend, dass die Ursache einer Steigerung des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis entweder in einer Contraction der Lungencapillaren, oder auch in einer vergrösserten Activität des Herzens zu suchen ist; welcher der beiden Momente es ist, der in dem obliegenden Falle die Steigerung des Blutdruckes bewirkt, kann man im Voraus nicht wissen; misst man aber den Blutdruck gleichzeitig in der Arteria pulmonalis und in der linken Vorkammer, so hat man die nothwendigen Data, um zu wissen, welcher der zwei Momente die Steigerung des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis bewirkt hat; wenn nämlich die Veränderungen in den zwei Blutdruckcurven in derselben Richtung gehen, dann ist dies in einer Steigerung oder Abnahme der Activität des Herzens begründet, bewegen sich die Blutdruckcurven aber in entgegengesetzter Richtung, dann haben wir mit einer Contraction oder Dilatation der Lungencapillaren zu thun.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen will ich nun die von mir angewendete Versuchsmethode besprechen, die übrigens im Wesentlichen dieselbe ist wie Morel's.

Zu den Versuchen habe ich Hunde, Katzen und Kaninchen benutzt; ich habe immer künstliche Respiration angewendet, entweder nach Injection von Curare oder nach Durchschneidung der Medulla oblongata. Nachdem die künstliche Respiration eingeleitet war, öffnete

<sup>1</sup> Morel, *Pathogenie des lesions du coeur droit*. Thèse de Lyon. 1879.

<sup>2</sup> Auch F. Franck's Untersuchungen, welche denen Morel's ähnlich sind, interessiren sehr, er hat seine Methode nicht angegeben, seine Resultate sind aber übereinstimmend mit Morel's (*Communication au congrès du Montpellier*. 1879.)

man die linke Pleurahöhle, indem man so viel von der Brustwand entfernte, als nöthig war, um das Herz bloss zu legen; dann öffnete man das Pericardium und stiess ein Stilet von schmalem Kaliber in den Hauptstamm der Arteria pulmonalis. Dass absolut keine Blutung entstand lag in der Elasticität der Gefässwände und in dem in der Arteria pulmonalis vorhandenen niedrigen Blutdrucke. Das Stilet wurde, bevor man es in die Arterie führte mit einem feinfühlenden Sphygmoscop in Verbindung gesetzt; dann führte man ein ähnliches Stilet, welches auch mit einem Sphygmoscop verbunden war, in die Spitze der Auricula cordis ein und legte eine Ligatur an, um es im Situs zu halten.

Bevor man den Thorax öffnete, hatte man beide Nervi vagi präparirt und durchgeschnitten; während der Reizung wurden die Nerven ganz isolirt gehalten.

Die Reizungsmethode ist übrigens ganz dieselbe, wie die von mir früher angewendete. Mit Rücksicht auf die Curven will ich erst die in der Regel stattfindenden:

#### I. Rhythmischen Schwingungen des Blutdruckes besprechen.

Schon Traube,<sup>1</sup> später Hering<sup>2</sup> und andere Forscher fanden eine regelmässige Schwingung des Blutdruckes in der Arteria carotis oder einer anderen der grossen Arterien gemessen. Diese Schwingungen, welche namentlich beim Hunde deutlich wahrzunehmen sind, meinte man, rühren von einer wechselweisen Dilatation und Contraction der Capillaren des Organismus her, welche Deutung sich auf Beobachtungen von Gefässschwingungen im Ohre, der Milz und anderen Organen von Kaninchen stützt. In den von mir aufgeschriebenen Curven finden sich nun ganz ähnliche Schwingungen wie die in der Arteria carotis wahrgenommenen. Man sollte daher in Analogie mit der oben besprochenen Theorie eine rhythmische Contraction und Dilatation der Lungencapillaren annehmen, wenn man nicht gleichzeitig den Blutdruck in der linken Vorkammer zur Vergleichung hätte. Betrachtet man dann Fig. 1, sieht man ausser Puls- und Respirationsschwingungen auch noch die besprochenen Schwingungen des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis, aber gleichzeitig bemerkt man auch eine, wenngleich weniger ausgesprochene, Schwingung des Blutdruckes in der linken Auricula cordis.

Da sich nun die Schwingungen in den zwei Blutdruckcurven nach derselben Richtung hin bewegen, folgt daraus, dass die Ursache der Schwingungen nicht in der Veränderung des Lumen der Lungen-

<sup>1</sup> Traube, *Centralblatt f. d. med. Wiss.* 1865. Nr. 56. S. 881.

<sup>2</sup> Hering, *Sitzungsbericht der Wiener Acad.* LX. 1869. S. 289.



capillaren zu suchen ist, sondern in einer rhythmischen Schwingung der Grösse der Herzsystole.

Es zeigt sich also, dass die in der Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft vorhandenen Schwingungen (was deren Ursache auch sei) von ähnlichen Schwingungen im Blutdrucke in der Arteria pulmonalis begleitet sind.

Uebrigens hat es sich gezeigt, dass diese letzteren nicht eintreten, wenn Medulla oblongata durchschnitten ist, eine Wahrnehmung, welche schon früher in Anbetracht der Traube-Hering'schen Schwingungen gemacht worden ist. Die Dauer der Schwingungen ist in diesem hier angeführten Falle ca. 20 Secunden, aber selbstverständlich ist diese von vielen noch nicht bekannten Verhältnissen abhängig.

II. Was nun die *durch die Reizung des peripheren Vagusendes hervorgerufenen Blutdrucksveränderungen* anbelangt, könnten diese passend in zwei verschiedene Gruppen eingetheilt werden.

A. Blutdrucksveränderungen, welche durch eine Veränderung in der Bewegung des Herzens hervorgerufen sind.

Die Versuche, welche zu dieser Gruppe gehören können wieder in zwei Abtheilungen eingetheilt werden, die eine wo wir durch Nervenreizung einen Fall des Blutdruckes hervorrufen, die andere, wo wir es mit einer Steigerung desselben zu thun haben.

Gemeinsam für die beiden Gruppen ist es, dass die Veränderungen in den zwei Blutdruckcurven immer nach einer Richtung hin vor sich gehen; entweder ein Fall oder eine Steigerung von beiden Curven. Die Versuche, bei welchen wir durch Reizung einen Fall des Blutdruckes bewirken, sind übrigens nicht besonders interessant. Der Fall tritt sogleich bei Beginn der Reizung ein (Fig. 2), und wird von einer bedeutenden Abnahme der Anzahl von Herzcontractionen begleitet. Nach der Reizung steigt der Blutdruck schnell und wird höher als vor der Reizung; man sieht den Blutdruckfall in der Arteria pulmonalis weitaus deutlicher als in der linken Vorkammer. Ein grösseres Interesse bieten die Fälle, wo die Reizung des Vagus eine Steigerung des Blutdruckes hervorruft (Fig. 3 u. 4). Schon Moleschott und Schiff, später Arloing und Trepier haben gezeigt, dass eine Reizung des Nervus vagus oft eine Steigerung des Blutdruckes in der Arteria carotis hervorruft. Auch in den von mir gemachten Versuchen findet oft gleichzeitig mit einer unbedeutenden Vermehrung der Anzahl der Pulsationen eine Steigerung des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis statt; aber die Steigerung geschieht nicht wie in der Carotis gleich, sondern erst nach einer Weile, ja in einem Versuche (Fig. 3) tritt die Steigerung erst nach dem Aufhören der Reizung ein. Es ist nicht leicht, eine genügende

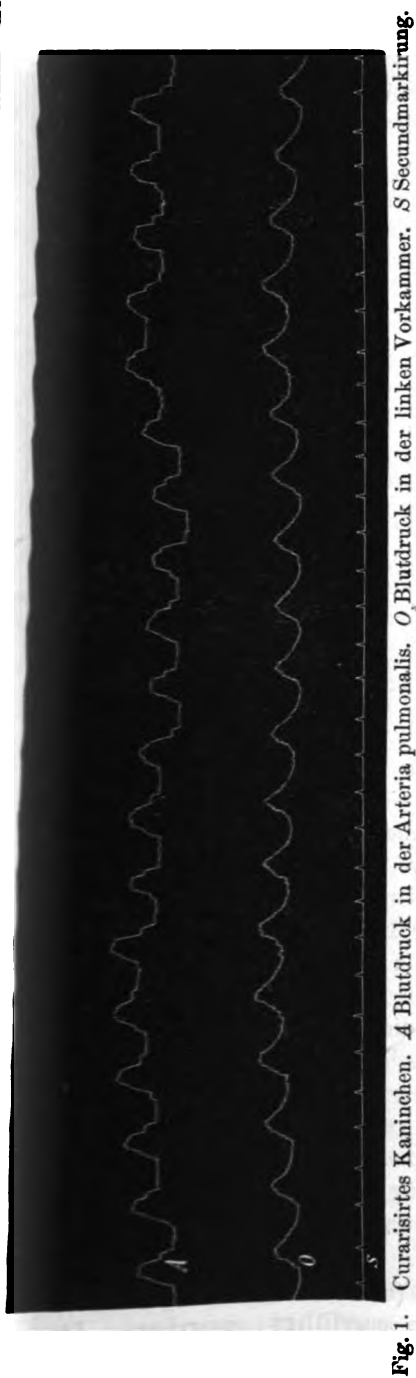


Fig. 1. Curarisiertes Kaninchen. A Blutdruck in der Arteria pulmonalis. O Blutdruck in der linken Vorkammer. S Secundarmarkierung.

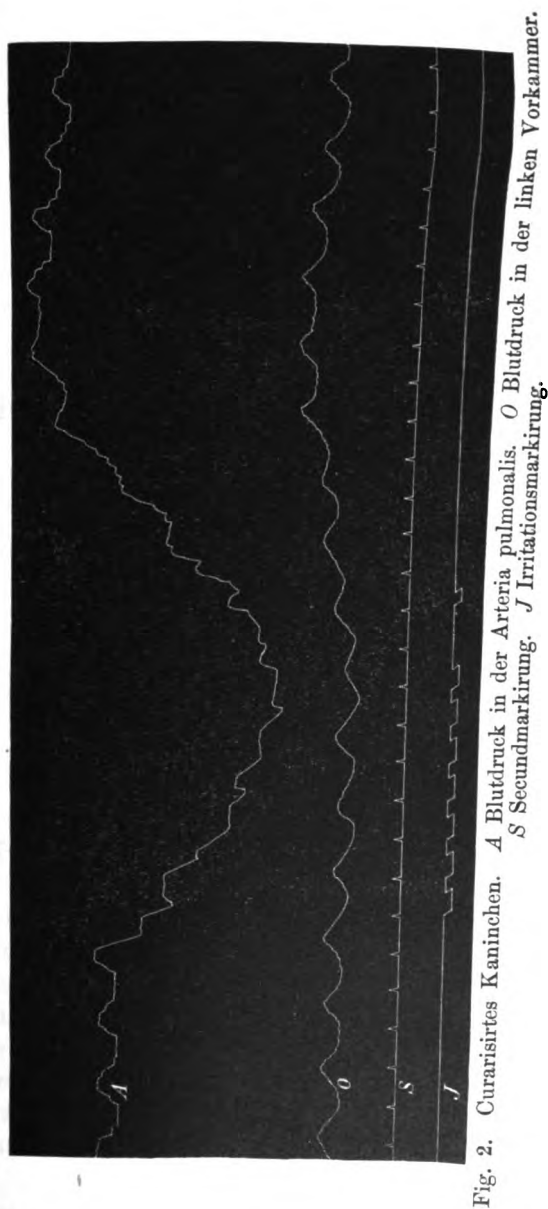


Fig. 2. Curarisiertes Kaninchen. A Blutdruck in der Arteria pulmonalis. O Blutdruck in der linken Vorkammer. S Secundarmarkierung. J Irritationsmarkierung.

Erklärung des Unterschiedes in den Blutdruckschwingungen in der Arteria carotis und der Arteria pulmonalis zu geben; möglicherweise wird der erste Beginn der Steigerung in der Arteria pulmonalis durch eine gleichzeitig stattfindende Erweiterung der Lungencapillaren verwischt.

Es ist von Wichtigkeit für das Verständniss der bedeutenden Steigerung in dem respiratorischen Stoffwechsel, bei Reizung des peripheren Vagusendes zu bemerken, dass die Blutdruckssteigerung in keinem der ausgeführten Versuche gleich eingetreten ist, sondern immer kürzere oder längere Zeit nach Beginn der Reizung und dass man eine gleichzeitige Abnahme der Anzahl der Pulsationen nie wahrgenommen hat; da nämlich die Stoffwechselsteigerung immer von einer Abnahme der Anzahl der Pulsationen gefolgt wird, und da die Wirkung gleich eintritt, ist kein Grund vorhanden anzunehmen, dass das Resultat durch die veränderten Circulationsverhältnisse in der Lunge hervorgerufen worden ist. Durch diese Versuche wird es ausserdem leicht erklärlich, welchen Fehler man begeht, wenn man den Blutdruck nur in der Arteria pulmonalis misst. Obwohl wir hier eine Steigerung des Blutdruckes haben, hat doch keine Contraction der Lungengefässe stattgefunden, die Wirkung kann daher nur auf die Einwirkung der systolischen Arbeit des Herzens zurückgeführt werden. Wir wollen nun die zweite Gruppe betrachten, nämlich:

*B. Blutdrucksveränderungen, welche theils durch Veränderungen in der Activität des Herzen, theils durch solche im Lumen der Lungencapillaren hervorgerufen sind.* Wie schon früher gesagt, ist die Frage, ob vasomotorische Nervenfasern im Nervus vagus vorhanden sind, von Physiologen viel bestritten worden, und was man namentlich zu entdecken gesucht hat, sind vasoconstrictorische Fasern; denn wie schon bekannt, verursacht die Durchschneidung von beiden Nervi vagi am Halse eine starke Hyperämie in der Lunge und zuletzt die so oft besprochene Vaguspneumonie; da nun die Durchschneidung eine Hyperämie hervorruft, liegt es nahe anzunehmen, dass diese durch Durchschneidung von vasoconstrictorischen Fasern hervorgerufen wurde. Ein einzelner Versuch lässt uns auf das Vorhandensein von Vasoconstrictoren im Vagus schliessen, die übrigen Versuche zeigen aber, dass man durch Nervenreizung eine Wirkung erzielen kann, welche mit Sicherheit auf das Vorhandensein von vasodilatatorischen Fasern hinweist.

Als Exempel hierfür wollen wir nun erst (Fig. 5a) betrachten. Der Versuch ist an einem curarisirten Kaninchen ausgeführt worden. Die

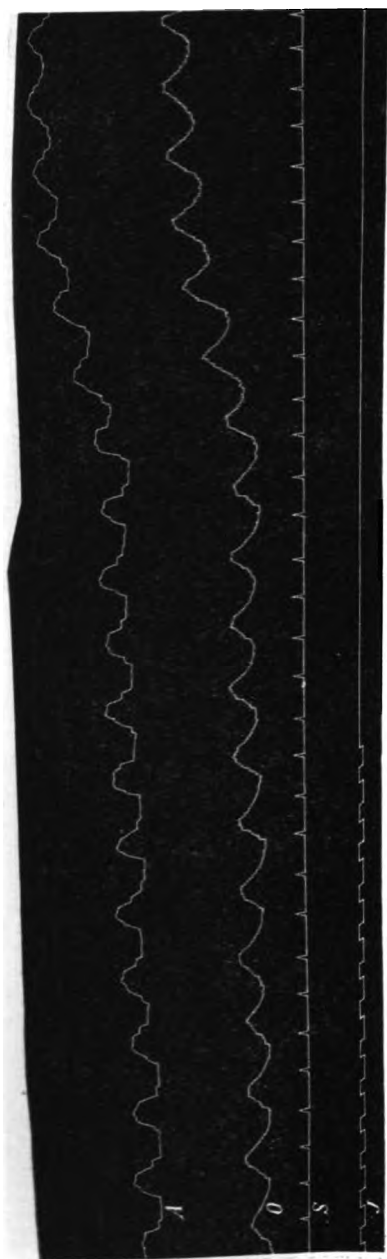


Fig. 3. Curarisirtes Kaninchen.

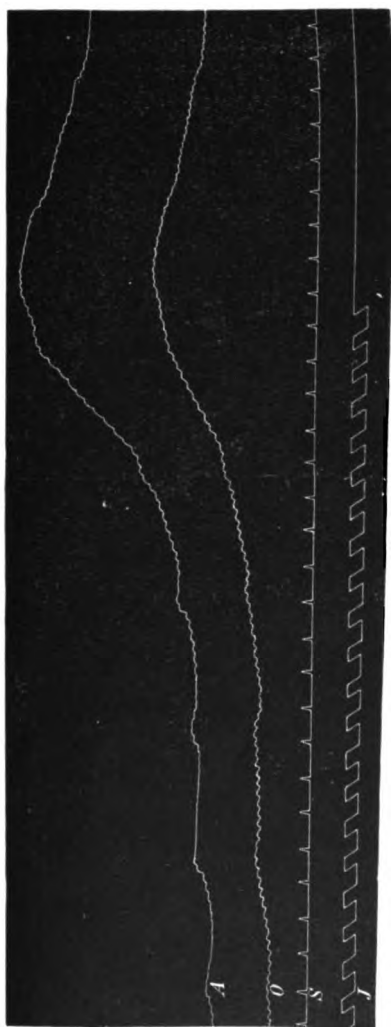


Fig. 4. Curarisirte Katze.

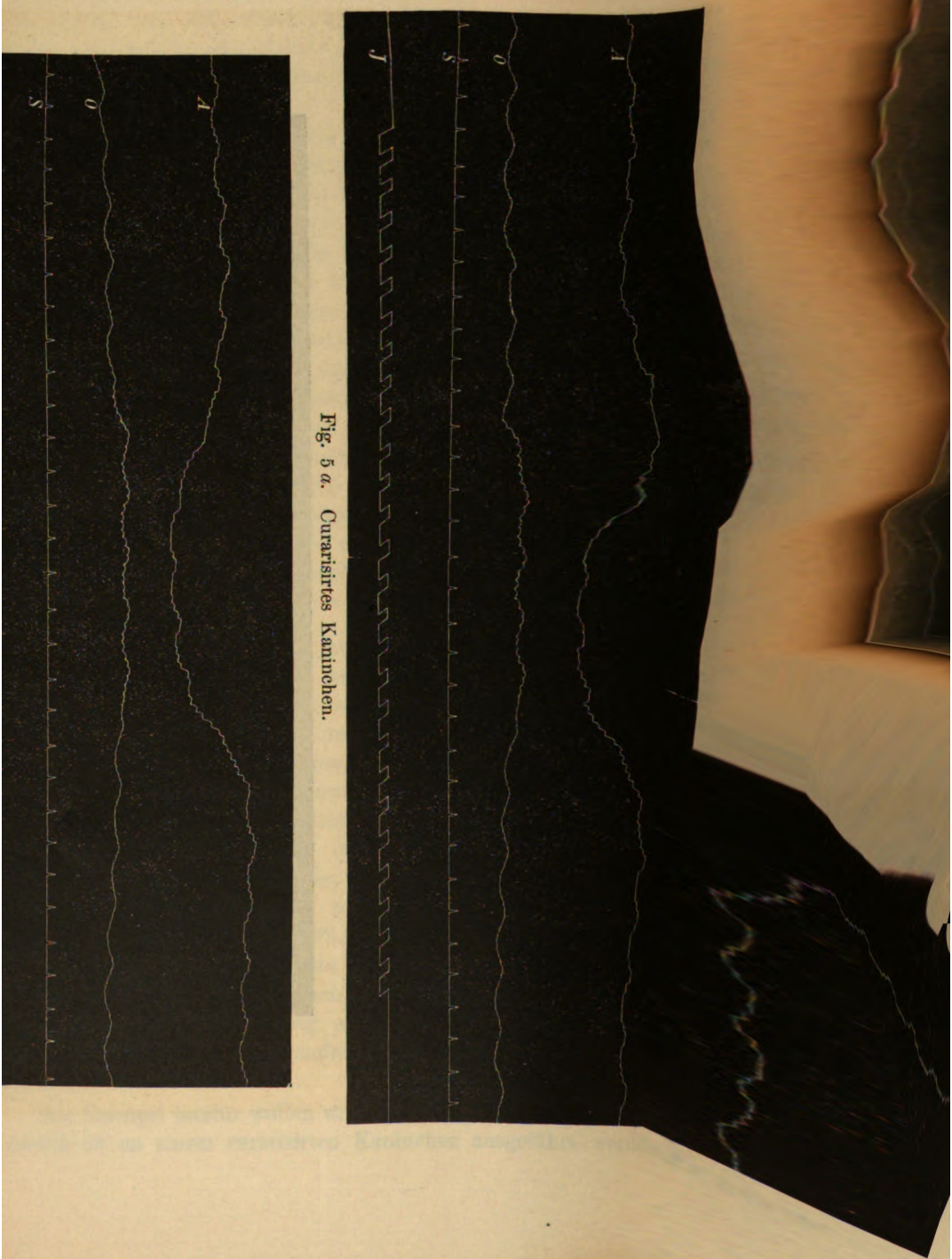


Fig. 5 a. Curarisirtes Kaninchen.



Fig. 6. Kaninchen. Durchschneidung der Medulla oblongata.



durch die Reizung hervorgebrachte Wirkung besteht in einem Falle des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis und in einer Steigerung desselben in der linken Vorkammer.

Die Anzahl der Pulsationen bleibt fortwährend dieselbe, man sieht die einzelnen Pulsationen nur stärker während der Steigerung des Blutdruckes in der linken Vorkammer als vorher und nachher.

Ausserdem sieht man, dass die Wirkung nicht gleich eintritt, sondern ca. 8 Sekunden nach Beginn der Reizung, und dass sie auch wieder 7 Sekunden vor dem Ende der Reizung aufhört. Dass wir es hier mit einer Vasodilatation zu thun haben ist zweifellos, ob aber die Bewegungen des Herzens auch davon berührt sind, und dazu beitragen, den Fall des Blutdruckes in der Arteria pulmonalis hervorzurufen, darüber können wir in diesem Falle nichts bestimmtes sagen; es ist aber doch nicht wahrscheinlich, wenn in Betrachtung gezogen wird, dass die Anzahl der Pulsationen sich nicht verändert. Wenn wir es mit einem Fall des Blutdruckes zu thun hätten, müssten wir auch eine Abnahme der Anzahl der Pulsationen erwarten. Was noch ausserdem auf das Vorhandensein von Vasodilatoren in der Lunge hindeutet, ist die Wiederholung der Reizungswirkung (Fig. 5 b), welche beiläufig 20 Sec. nach der ursprünglichen eintritt.

In der Regel erreicht man keine so deutliche und isolirte Einwirkung auf die Vasomotoren, da durch die Verlangsamung der Herzbewegungen das Bild verwischt wird. Fig. 6 zeigt uns einen Fall (der Versuch ist an einem Kaninchen mit durchschnittener Medulla oblongata gemacht worden), wo wir es mit einer bedeutenden Abnahme der Anzahl der Pulsationen zu thun haben. Gleichzeitig mit dem Falle des Blutdruckes finden



Fig. 8. Curarisierte Katze.

wir hier nichtsdestoweniger eine Steigerung desselben in der linken *Auricula cordis*, welche durch eine gleichzeitig stattfindende Dilation der Lungencapillaren hervorgerufen worden ist. Man sieht dies noch besser an der Fig. 7 (ein curarisirter Hund); trotz des starken Falles des Blutdruckes in der *Arteria pulmonalis* finden wir eine nicht unbedeutende Steigerung desselben in der linken Vorkammer.

Zuletzt will ich noch einen Versuch besprechen (Fig. 8), der an einer curaresirten Katze gemacht wurde. Dieser Versuch zeichnet sich dadurch aus, dass die Reizung eine Steigerung des Blutdruckes in der *Arteria pulmonalis* hervorruft und einen Fall desselben in der linken Vorkammer; wir haben also hier unzweifelhaft mit vasoconstrictorischen Nervenfasern zu thun; ich will doch hinzufügen, dass die besprochenene Wirkung nur in diesem einen Falle gesehen ist, und dass der Versuch, wie schon gesagt, an einer Katze gemacht wurde; es ist daher möglich, dass *Nervus vagus* bei der Katze hauptsächlich Vasoconstrictoren enthält, und dass wir beim Hunde und beim Kaninchen vorzugsweise mit vasodilatatorischen Nervenfasern im *Nervus vagus* zu thun haben; aber um dies zu beweisen, sind meine Versuche nicht hinreichend.

Wenn wir nun die oben erreichten Resultate kurz zusammenfassen wollen, können wir sagen:

1) Die rhythmischen Schwingungen, welche im Blutdrucke der *Arteria pulmonalis* vorhanden, sind in einer rhythmischen Variation der systolischen Arbeit des Herzens begründet. Die Schwingungen hören auf nach Durchschneidung der *Medulla oblongata*.

2) Reizung des *Nervus vagus* bewirkt, begründet durch Veränderungen in den Herzbewegungen je nachdem, theils

a) einen Fall des Blutdruckes in der *Arteria pulmonalis* begleitet von einer Abnahme der Anzahl von Herzcontractionen, theils

b) eine Steigerung des Blutdruckes in der *Arteria pulmonalis* von einer geringen Vermehrung der Anzahl von Herzcontractionen begleitet.

3) *Nervus vagus* enthält beim Hunde und beim Kaninchen vasodilatatorische Nervenfasern, die zu den Lungengefäßen führen.

4) *Nervus vagus* enthält bei der Katze vasoconstrictorische Nervenfasern zu den Lungengefäßen.



Die vorliegenden Versuche sind an der Veterinärschule zu Lyon gemacht worden, ich erlaube mir daher vor allem dem Herrn Direktor der Schule, Herrn Professor Arloing meinen herzlichsten Dank darzubringen für die werthvolle Hülfe, die er mir bei der Ausführung meiner Versuche geleistet hat.

---

# Studien über die Blutvertheilung im Körper.<sup>1</sup>

## Zweite Abhandlung.

### Die Blutzufuhr zu der Niere.

Von

**Ernst Landergren und Robert Tigerstedt.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen  
Instituts in Stockholm.)

---

(Hierauf Taf. II.)

---

#### Einleitung.

Die Blutmenge, welche den verschiedenen Organen des Körpers zugeführt wird, ist theils von dem Bedürfniss des betreffenden Organs an und für sich, theils von dessen Aufgabe für die Gesamt-Oekonomie des Körpers bedingt. Ein Muskel, eine Verdauungsdrüse, das centrale Nervensystem erhalten, je nachdem ihre Thätigkeit eine grössere oder kleinere ist, die Blutmenge, welche sie zu ihren Leistungen nöthig haben. Ganz anders mit den Lungen. Für ihre Ernährung brauchen sie an und für sich ausserordentlich weniger Blut, als thatsächlich durch sie strömt, denn eben um den Bedürfnissen des ganzen Körpers in Bezug auf die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe Genüge zu leisten, strömt ebensoviel Blut durch die Lungen allein als durch den ganzen übrigen Körper.

Ein zweiter Körpertheil, von welchem dasselbe gilt, ist die Leber, welche nebst ihren übrigen vielfachen Aufgaben, nach den Erfahrungen Stolnikow's, auch die hat, einen Regulator der Blutzufuhr zu dem rechten Herzen darzustellen. In Folge dessen wird die Blutmenge, die sich in einem gegebenen Augenblick in der Leber findet, in der Regel,

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 3. Mai 1892.

wenn auch nicht immer, grösser sein, als es den Bedürfnissen dieses Organs an und für sich entspricht.

Auch von den Nieren können wir von vornherein annehmen, dass sie, auf Grund ihrer Aufgabe die stickstoffhaltigen Producte des Stoffwechsels aus dem Körper zu entfernen, eine Blutzufuhr erhalten, welche beträchtlich grösser ist, als sie sonst nöthig hätten.

Unseres Wissens liegen jedoch keine directen Untersuchungen hierüber vor, und man hat sich bis jetzt damit begnügen lassen, theils die Blutzufuhr zu den Nieren, von gewissen Annahmen aus, zu berechnen, theils die Variationen der Blutfüllung zu ermitteln, ohne jedoch nach absoluten Werthen zu streben.

Brown-Séguard nimmt an, dass das menschliche Herz sich immer vollständig entleert und berechnet die täglich vom linken Herzen herausgetriebene Blutmenge zu 12 300  $\text{ks}$ . Aus dem Vergleich des Querschnittes der Aorta und der Nierenarterien findet er dann für die linke Nierenarterie eine tägliche Blutmenge von 457  $\text{ks}$ , und für die rechte eine von 481  $\text{ks}$ .<sup>1</sup> Dies beträgt pro Minute 317 bezw. 334  $\text{c}$ .

Bei einer Berechnung, welche jedoch nichts anderes bezweckt, als eine ganz approximative Schätzung der Blutzufuhr zu den Nieren zu erlauben, nimmt Heidenhain an, dass die Nieren eine ihrem Gewichte proportionale Blutmenge erhalten. Unter der Annahme, dass die gesammte Blutmenge eines erwachsenen Menschen von 75  $\text{ks}$  Körpergewicht 6  $\text{ks}$  beträgt, sowie dass etwa drei Kreisläufe des Blutes sich in der Minute vollenden, würde pro Tag 25 920  $\text{ks}$  Blut durch den Körper circuliren. Das Gewicht der beiden Nieren beträgt  $\frac{1}{200}$  des gesammten Körpergewichtes. Durch die Nieren würden also in 24 Stunden 130  $\text{ks}$  Blut fliessen. Dies beträgt pro Minute etwa 90  $\text{ccm}$ . Er stellt es jedoch nicht in Abrede, dass sie eine viel stärkere Durchblutung haben können.<sup>2</sup>

Die pletysmographischen Versuche, welche wir Cohnheim und Roy<sup>3</sup> und ihren Nachfolgern verdanken, können selbstverständlich nur Schwankungen in der Blutfüllung der Niere anzeigen. Wenn man nach dem Vorgange Fick's aus der pletysmographischen Curve die Geschwindigkeitscurve der Blutströmung in der Arteria renalis herleitet, so bekommt man jedoch auch dann nur die Variationen der Geschwindigkeit, nicht aber die Geschwindigkeit in absolutem Masse.

Angesichts der Bedeutung der Niere als ein Analogon der Lunge, sowie auch der Thatsache, dass die Niere für Störungen der Blutzufuhr

<sup>1</sup> Brown-Séguard, *Journal de la physiologie*. I. S. 305. 1858.

<sup>2</sup> Heidenhain, *Handbuch der Physiologie*. V. 1. S. 342. 1883.

<sup>3</sup> Cohnheim und Roy, *Archiv für pathol. Anat.* XCII. S. 424. 1883.

ausserordentlich empfindlich ist, wie dies aus den im Laboratorium Ludwig's gemachten Untersuchungen hervorgeht,<sup>1</sup> schien es uns von einem gewissen Interesse, die Blutzufuhr zu der Niere direct zu bestimmen, um eine genauere Vorstellung darüber zu erhalten, inwiefern die oben entwickelten Ansichten berechtigt waren oder nicht.

### Erstes Capitel.

#### Die Versuchsmethode.

Unsere Versuche sind mit der von dem einen von uns modificirten Stromuhr Ludwig's ausgeführt.<sup>2</sup> Der cubische Inhalt des Messcyinders betrug 2.5<sup>ccm</sup> (ohne die Kugel), der Durchmesser sämmtlicher Röhrenverbindungen 3<sup>mm</sup>. Die in die Nierenarterie eingebundenen Canülen hatten einen lichten Durchmesser von 2<sup>mm</sup>, weil grössere Canülen in das Gefäss nicht eingeführt werden konnten. Der Apparat war vor dem Beginn des Versuches mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt.

Zu den Versuchen wurden nur Hunde benutzt. Das Thier erhielt 24 Stunden vor dem Versuch seine letzte Mahlzeit, wurde durch subcutane Injection von Morphin oder, nach Dastre und Morat, von Morphin + Atropin betäubt und dann durch intravenöse Transfusion von Curare bewegungslos gemacht.

Die Stromuhr wurde bei allen Versuchen in die rechte Nierenarterie eingesetzt, weil diese uns leichter erreichbar erschien. Das Thier wurde in linke Seitenlage gebracht und die rechte Niere extraperitoneal freigelegt, wobei die Muskeln mit Hülfe des Thermocauters durchschnitten wurden.

Um die Canülen in die Nierenarterie einzubinden war es nothwendig, diese in ihrer ganzen Länge freizulegen. Daher haben wir bei den meisten Versuchen, um genügend Raum zu erhalten, die letzte Rippe zum grössten Theil extirpirt und die Rückenmuskeln bis zum Rückgrat weggeschnitten. Durch Anwendung des Thermocauters und sofortige Umstechung der grösseren Gefässe ist es uns gelungen die Operation fast ohne Blutung fertig zu bringen.

Nachdem die Nierenarterie vollständig freigelegt und alles zur Einbindung der Canülen fertig war, wurde nach Fano dem Thierte eine Peptonlösung (0.3% Pepton pro 1<sup>kg</sup> Körpergewicht) transfundirt, um die Gerinnungsfähigkeit des Blutes aufzuheben.

---

<sup>1</sup> Vergl. Heidenhain, a. a. O.

<sup>2</sup> Vergl. Tigerstedt, *dies Archiv*. Bd. III. S. 151 f. 1891.

Erst dann fand die Einbindung der Canülen statt. Zu diesem Zwecke wurde zuerst um die Mitte der Nierenarterie ein Faden gelegt und fest zugeschnürt. Dieser Faden sollte zur Handhabe bei der Einführung der Canülen dienen. Ferner wurde an jedes Ende der Nierenarterie eine Klemmpincette angelegt, das Gefäss geöffnet und die Canülen eingebunden. Zuerst wurde die Canüle in dem peripheren Ende der Nierenarterie befestigt, dann die Arterie zwischen dieser Canüle und dem zur Handhabe dienenden Faden durchschnitten und endlich die zweite Canüle mit dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden. Wegen der tiefen Lage der Nierenarterie dauerte dieser letzte Abschnitt der Operation in der Regel etwa 15 Minuten.

Der Blutdruck wurde durch zwei Hg-Manometer gemessen, von welchen das eine mit der Arteria carotis, das zweite mit dem einen Schlauche der Stromuhr verbunden war. Das letztere Manometer zeichnete also die Druckschwankungen in der Nierenarterie auf, und zwar bei den meisten Versuchen peripher von der Stromuhr.

Da es für das Einbinden der Canülen nothwendig war, die Nierenarterie vollständig frei zu legen, wurden natürlicher Weise die Nierenerven zum grössten Theil, wenn auch nicht ganz vollständig, abgeschnitten. In Folge dessen konnten wir die Blutströmung durch die Niere nicht durch Nervenreizung beeinflussen, sondern mussten uns damit begnügen, statt dessen harntreibende Mittel zu benutzen. Als solche haben wir  $\text{NaNO}_3$  in 2—3 % -Lösung,  $\text{NaCl}$  in 0.6 % -Lösung und Coffein angewandt. Die betreffenden Lösungen wurden in die Vena jugularis ext. sin. transfundirt.

Für den Fall, dass möglicher Weise eine Harnsecretion erscheinen sollte, hatten wir auch in den Harnleiter eine Canüle eingebunden. Nur in einem einzigen Versuche sind wir aber einer Harnabsonderung begegnet, und auch diese war ausserordentlich gering.

## Zweites Capitel.

### Die Versuche.

Da uns Hunde nur spärlich zu Gebote standen, mussten wir uns darauf beschränken, die uns vorliegende Aufgabe nur in ihren allgemeinen Zügen zu behandeln und wir hätten vielleicht angesichts unseres geringen Versuchsmateriales die Veröffentlichung unserer Erfahrungen ganz unterlassen sollen. Auf der anderen Seite waren die Ergebnisse, die wir erhielten, jedoch an und für sich nicht ganz ohne Interesse und wir entschlossen uns daher sie zu publiciren, besonders, weil sie anderen Forschern, welche leichter Hunde bekommen können, möglicher Weise in irgend einer Beziehung nützlich sein könnten.

Wir stellen zuerst unsere Versuche tabellarisch zusammen. In den Versuchstabellen bezeichnen wir als „Periode“ die Dauer einer Füllung der Messcylinder. Damit die Tabellen nicht zuviel Raum beanspruchen, haben wir in der Regel mehrere (5—10) Perioden zusammengeschlagen, wobei wir darauf unsere Aufmerksamkeit gerichtet haben, dass diese Perioden unter einander keine nennenswerthen Variationen darbieten. Für jede Summe von Perioden theilen wir die Zeit, die ganze während derselben durch die Nierenarterie strömende Blutmenge, die daraus berechnete mittlere Blutmenge pro 1 Min., die mittlere Pulsfrequenz pro 10 Sec., den Blutdruck in der Arteria carotis und der Nierenarterie mit. Für den Blutdruck haben wir das Maximum und Minimum während des betreffenden Zeitraumes, sowie das daraus berechnete Mittel angegeben. Nur wenn der Druck innerhalb eines Abschnittes in einem grösseren Grade und unregelmässig variirt hat, haben wir den mittleren Blutdruck planimetrisch bestimmt. Diese Bestimmungen sind in den Tabellen mit \* bezeichnet.

Bei den Versuchen I und VI war das Manometer mit dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden.

Bei den Versuchen VII—X, wo die durch die Niere strömende Blutmenge eine sehr grosse war und also die Stromuhr sehr frequent umgedreht werden musste, sank bei jeder Umdrehung der Druck in dem peripheren Ende der Nierenarterie so beträchtlich, dass die Bestimmung des minimalen Druckes in dieser Arterie ganz fehlerhafte Resultate gegeben hätte. Darum haben wir bei diesen Versuchen für jede einzelne Periode den maximalen Druck bestimmt, und für jeden Zeitraum von mehreren Perioden den in dieser Weise gefundenen höchsten und niedrigsten, sowie den daraus berechneten mittleren Werth in die Versuchstabellen aufgenommen.

Wir müssen noch bemerken, dass die von uns ermittelten Zahlenangaben über die Blutzufuhr zu der Niere für die bei den Versuchen stattfindenden Verhältnisse minimal sind. Denn das Resultat der Messung wird beeinflusst erstens durch eine etwaige Coagulation, welche die Blutgeschwindigkeit in der Nierenarterie herabsetzen muss, und zweitens dadurch, dass die Niere auch von anderswo her als durch die Nierenarterie Blut erhält.<sup>1</sup> Dass die Coagulation jedoch während der hier mitgetheilten Abschnitte der Versuche die Resultate nicht in einem wesentlichen Grade hat beeinflussen können, geht aus der Wirkung

---

<sup>1</sup> Ellenberger und Baum, Systematische und topographische Anatomie des Hundes. Berlin 1891. S. 410, 411.

der Transfusion harntreibender Mittel hervor. Die kleine Blutzufuhr, welche die Niere durch andere Gefäße als die Nierenarterie erhält, kann unmöglich eine grössere Bedeutung gehabt haben. Wir haben aber diese Fehlerquellen erwähnt, weil durch sie die von uns gemessene Blutmenge etwas niedriger wird, als die, welche, *ceteris paribus*, hauptsächlich durch die Niere strömt. Und jedoch sind unsere Werthe unerwartet gross.

Die Versuche, über welche wir verfügen, sind die folgenden:

Versuch I. 10. April 1891. Hund 10-8<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 33<sup>g</sup>. Morphin, Curare, Pepton. Das Manometer mit dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz	Centrales Ende der Nierenarterie, Blutdruck; mm Hg		
					Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm	in 10"			
1— 9	22.5	68.6	19.7	37.5	74	54	64
10— 20 <sup>1</sup>	27.5	113.0	14.6	39.4	70	52	61
21— 26	15.0	63.0	14.3	39.8	67	52	59 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
27— 30 <sup>2</sup>	10.0	42.1	14.3	32.3	115	52	* 86 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
31— 32	5.0	30.7	9.8	23.1	142	74	* 114
33	2.5	24.4	6.2	40.2	96	66	81
34— 40	17.5	101.9	10.3	39.8	82	54	68
41— 50	25.0	128.2	11.7	39.5	66	50	58
51— 57	17.5	85.0	12.3	38.4	76	50	63
58— 62 <sup>3</sup>	12.5	48.0	15.6	36.3	74	40	57
63— 70	20.0	66.6	18.0	39.0	68	44	56
71— 80	25.0	69.0	21.7	38.5	73	54	63 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
81— 90	25.0	70.4	21.3	38.4	80	56	68
91—100	25.0	73.3	20.5	38.3	84	60	72
101—110	25.0	78.5	19.1	38.5	82	59	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
111—115 <sup>4</sup>	12.5	34.2	21.9	34.5	94	56	75
116—120	12.5	37.1	20.2	37.7	80	44	62
121—130	25.0	64.0	23.4	38.0	82	52	67

<sup>1</sup> Zwischen Per. 9 und Per. 10 Unterbrechung der Messung während 62" wegen mangelhafter Leistung des elektrischen Signals.

<sup>2</sup> Während Per. 27—32 Erstickung, welche etwa 58" lang dauert.

<sup>3</sup> Während Per. 58—60 werden 30<sup>ccm</sup> einer 3% NaNO<sub>3</sub>-Lösung transfundiert.

<sup>4</sup> Während Per. 112—114 werden 30<sup>ccm</sup> einer 3% NaNO<sub>3</sub>-Lösung transfundiert.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz	Centrales Ende der Nierenarterie, Blutdruck; mm Hg		
					Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm	in 10"			
131—140	25.0	56.5	26.6	37.9	86	62	74
141—150	25.0	57.8	26.0	37.4	90	64	77
151—160	25.0	61.0	24.6	38.0	92	62	77
161—170	25.0	61.5	24.4	37.7	88	66	77
171—180	25.0	64.4	23.3	38.3	88	64	76
181—190	25.0	68.0	22.1	38.4	80	62	71
191—200	25.0	71.0	21.1	38.5	83	62	72 $\frac{1}{2}$
201—210	25.0	75.2	19.9	38.7	82	60	71
211—220	25.0	83.0	18.1	38.8	78	56	67
221—225 <sup>1</sup>	12.5	44.4	16.9	37.6	90	52	71
226—230	12.5	32.7	23.0	35.0	82	51	66 $\frac{1}{2}$
231—240	25.0	68.3	23.7	37.4	82	48	65
241—250	25.0	52.7	28.5	37.8	90	62	76
251—260	25.0	48.8	30.7	37.8	92	64	78
261—270	25.0	49.4	30.4	37.0	92	64	78
271—280	25.0	52.0	28.8	37.4	86	62	74
281—290	25.0	55.4	21.7	37.6	88	62	75
291—300	25.0	63.6	23.4	—	—	—	—
301—310	25.0	72.0	20.8	—	—	—	—
311—320	25.0	71.4	21.0	—	—	—	—

Versuch II. 13. April 1891. Hund 6.8 <sup>kg</sup> schwer. Morphin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der A. carotis und mit dem peripheren Ende der Nierenarterie verbunden. Vor dem Beginn der Messung werden dem Thiere etwa 60 <sup>ccm</sup> einer 3% NaNO<sub>3</sub>-Lösung transfundirt.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
2—6	12.5	100.0	7.5	30.0	70	55	62 $\frac{1}{2}$	55	43	49
7—10	10.0	92.4	6.5	30.6	67	53	60	52	42	47
11—17	17.5	171.6	6.2	30.4	66	52	59	52	42	47
18—20 <sup>2</sup>	7.5	69.0	6.5	31.2	79	62	70 $\frac{1}{2}$	62	50	56

<sup>1</sup> Während Per. 224—225 werden 30 <sup>ccm</sup> einer 3% NaNO<sub>3</sub>-Lösung transfundirt.

<sup>2</sup> Zwischen Per. 17 und 18 wird die Messung einen Augenblick unterbrochen.



Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
21—24 <sup>1</sup>	10.0	70.4	8.5	31.1	96	64	80	74	52	63
25—28	10.0	57.9	10.4	28.0	98	42	*68	77	34	55 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
29—35	17.5	58.1	18.1	29.3	94	60	77	76	46	61
36—40	12.5	46.0	16.3	30.6	94	72	83	74	56	65
41—50	25.0	106.8	14.1	30.1	90	70	80	73	55	64
51—56 <sup>2</sup>	15.0	68.7	13.1	27.8	120	42	*78	88	33	60 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
57—64	20.0	57.6	20.8	28.7	104	50	77	82	38	60
65—70	15.0	39.9	22.6	29.3	101	82	91 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	79	63	71
71—75	12.5	34.8	21.6	29.6	100	80	90	80	62	71
76—80	12.5	40.8	18.4	29.4	96	76	86	74	60	67
81—86	15.0	47.2	19.1	29.0	96	74	85	76	58	67
87—100 <sup>3</sup>	35.0	126.6	16.6	30.6	100	76	88	80	58	69
101—109 <sup>4</sup>	22.5	62.4	21.6	27.4	110	48	79	86	37	61 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
110—115	15.0	50.6	17.8	28.7	98	47	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	82	38	60
116—120	12.5	34.7	21.6	29.4	96	84	85	86	68	77
121—126	15.0	41.5	21.7	29.9	104	84	94	84	66	75
126 <sup>b</sup> —135 <sup>5</sup>	25.0	70.3	21.3	28.9	106	84	95	85	64	74 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
136—140	12.5	41.1	18.2	21.7	138	80	*110 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	104	70	87
141—145	12.5	45.8	16.4	26.2	136	52	*77	102	54	*68 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
146—150	12.5	40.4	18.6	29.0	82	64	73	73	54	63 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
151—156	15.0	43.7	20.6	29.4	94	74	84	73	58	65 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
157—165 <sup>6</sup>	22.5	59.3	22.8	28.2	106	78	88	82	60	71
166—170	12.5	40.2	18.7	22.4	120	90	105	88	70	79
171—175	12.5	61.7	12.2	19.9	146	78	112	108	68	88
176—177	5.0	39.5	7.6	16.7	148	86	117	108	78	93

Versuch IV. 11. Mai 1891. Hund 14.4 <sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 42<sup>g</sup>. Morphin, Atropin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der Arteria carotis und mit dem peripheren Ende der Nierenarterie verbunden.

<sup>1</sup> Während Per. 24—27 werden 30 ccm einer 3% NaNO<sub>2</sub>-Lösung transfundiert.

<sup>2</sup> Während Per. 53—54 werden 30 ccm einer 3% NaNO<sub>2</sub>-Lösung transfundiert.

<sup>3</sup> Zwischen Per. 86 und Per. 87 wird die Messung eine Zeit lang unterbrochen.

<sup>4</sup> Während Per. 102—106 werden 30 ccm einer 3% NaNO<sub>2</sub>-Lösung transfundiert.

<sup>5</sup> Während Per. 126<sup>b</sup>—140 Erstickung, welche etwa 107" lang dauert.

<sup>6</sup> Bei Per. 157 fängt eine Erstickung an, welche bis zum Ende des Versuches dauert.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1	2.5	16.7	9.0	84.2	78	73	75 $\frac{1}{2}$	63	59	61
2	2.5	14.4	10.4	84.7	78	74	76	64	60	62
3—5	7.5	29.0	15.5	84.5	79	74	76 $\frac{1}{2}$	63	58	60 $\frac{1}{2}$
6—10	12.5	41.3	18.2	84.2	78	72	75	64	58	61
11—20	25.0	70.0	21.4	84.3	80	74	77	64	56	60
21—30	25.0	65.0	23.1	84.0	82	74	78	64	54	59
31—40	25.0	64.7	23.2	84.3	78	70	74	63	56	59 $\frac{1}{2}$
41—50	25.0	65.0	23.1	84.4	80	72	76	65	56	60 $\frac{1}{2}$
51—54	10.0	26.4	22.7	84.5	78	70	74	64	54	59
55—60 <sup>1</sup>	15.0	42.0	21.4	84.8	80	58	69	64	44	54
61—70	25.0	68.2	22.0	87.4	72	56	64	56	43	49 $\frac{1}{2}$
71—80	25.0	61.0	24.6	88.5	76	64	70	60	50	55
81—90	25.0	57.0	26.3	88.8	76	70	73	62 $\frac{1}{2}$	53	57 $\frac{1}{2}$
91—100	25.0	58.3	25.7	87.4	78	71	74 $\frac{1}{2}$	64	54	59
101—110	25.0	55.5	27.0	87.1	80	72	76	64	56	60
111—120	25.0	54.7	27.4	87.0	78	72	75	64	56	60
121—130	25.0	55.8	26.9	86.6	78	72	75	63	56	59 $\frac{1}{2}$
131—140	25.0	54.6	27.5	86.3	80	72	76	64	56	60
141—150	25.0	55.5	27.0	86.0	78	72	75	63	56	59 $\frac{1}{2}$
151—160	25.0	56.0	26.8	85.4	78	72	75	62	54	58
161—170	25.0	57.7	26.0	85.4	76	70	73	62	55	58 $\frac{1}{2}$
171—180	25.0	58.5	25.6	85.2	76	70	73	62	54	58
181—185	12.5	29.3	25.6	84.8	76	70	73	64	56	60
186—190 <sup>2</sup>	12.5	26.2	28.6	85.1	124	74	99	104	56	80
191—194	10.0	33.6	17.9	86.6	160	124	142	124	101	112 $\frac{1}{2}$
195	2.5	11.0	13.6	86.4	158	116	137	124	96	110
196—200	12.5	34.0	22.1	87.1	118	74	96	98	78	78
201—210	25.0	60.4	24.8	83.3	78	66	72	62	52	57
211—220	25.0	59.7	25.1	81.7	72	66	69	58	51	54 $\frac{1}{2}$
221—230	25.0	58.6	25.6	83.1	72	66	69	58	50	54
231—240	25.0	63.2	23.7	84.5	74	58	66	60	44	52
241—245	12.5	32.7	23.0	88.2	68	56	62	52	43	47 $\frac{1}{2}$
246—250 <sup>3</sup>	12.5	32.8	22.9	89.3	66	60	63	54	46	50
251—260	25.0	61.0	24.6	89.8	68	62	65	56	46	51
261—270	25.0	62.3	24.1	89.7	71	64	67 $\frac{1}{2}$	58	49	53 $\frac{1}{2}$
271—280	25.0	60.8	24.7	88.8	74	66	70	60	50	55
281—290	25.0	62.0	24.2	88.7	72	66	69	58	50	54
291—295	12.5	30.1	24.9	88.5	72	66	69	59	51	55

<sup>1</sup> Während Per. 55—56 werden 10 ccm einer 1% Coffein-Lösung transfundiert.<sup>2</sup> Während Per. 186—194 Erstickung.<sup>3</sup> Während Per. 246—247 werden 10 ccm einer 1% Coffein-Lösung transfundiert.

Während 17 Minuten wird der Versuch unterbrochen und dann wieder fortgesetzt.

## Neue Reihe.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
0— 1	5.0	18.7	16.1	36.9	66	62	64	52	46	49
2— 5	10.0	33.4	17.9	36.6	68	63	65 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	53	48	50 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
6— 10	12.5	39.4	19.0	37.1	66	62	64	52	47	49 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
11— 20 <sup>1</sup>	25.0	72.7	20.6	34.5	74	62	68	58	47	52 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
21— 25	12.5	33.3	22.5	36.0	78	62	70	62	46	54
26— 28	7.5	19.8	23.3	36.8	70	64	67	54	48	51
29— 37 <sup>2</sup>	22.5	53.3	25.3	33.1	78	65	71 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	62	48	55
38— 47	25.0	57.0	26.3	36.2	77	68	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	62	52	57
48— 62 <sup>3</sup>	37.5	78.0	28.9	33.9	78	68	73	66	52	59
63— 71	22.5	47.6	28.4	36.2	77	72	74 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	64	54	59
72— 86 <sup>4</sup>	37.5	78.0	30.8	34.0	86	72	79	70	56	63
87— 91	12.5	24.4	30.7	35.3	86	76	81	68	58	63
92— 96	12.5	24.6	30.5	35.3	82	74	78	68	58	63
97— 110	35.0	72.0	29.2	35.6	86	74	80	70	56	63
111— 120	25.0	55.0	27.3	35.5	84	74	79	70	56	63
121— 130	25.0	58.0	25.9	35.5	80	72	76	66	56	61
131— 140	25.0	60.2	24.9	35.5	80	72	76	65	56	60 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
141— 150	25.0	63.0	23.8	35.7	78	72	75	64	56	60
151— 160	25.0	66.0	22.7	35.6	76	70	73	63	54	58 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
161— 170	25.0	67.8	22.3	35.8	76	70	73	62	54	58
171— 180	25.0	70.2	21.4	36.2	74	68	71	62	52	57
181— 190	25.0	78.3	19.2	36.1	74	66	70	63	52	57 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
191— 198	20.0	62.2	19.3	36.2	74	67	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	60	52	56
199— 200 <sup>5</sup>	5.0	15.5	19.3	34.9	74	67	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	60	52	56
201— 210	25.0	71.0	21.1	34.6	82	68	75	66	52	59
211— 215	12.5	30.2	24.8	35.1	86	76	81	68	60	64
216— 220	12.5	27.7	27.1	36.1	92	81	86 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	74	64	69
221— 230	25.0	50.5	29.7	35.6	108	88	98	86	68	77
231— 240	25.0	50.2	29.9	36.3	108	94	101	89	72	80 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
241— 250	25.0	53.4	28.1	36.3	104	90	97	86	72	79
251— 260	25.0	53.2	28.2	35.9	98	88	93	78	68	73

<sup>1</sup> Während Per. 12—23 werden 28 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung transfundiert.

<sup>2</sup> Während Per. 29—37 werden 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung transfundiert.

<sup>3</sup> Während Per. 48—62 werden 35 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung transfundiert.

<sup>4</sup> Während Per. 72—86 werden 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung transfundiert.

<sup>5</sup> Während Per. 199—230 werden 30 ccm einer 3% NaNO<sub>3</sub>-Lösung transfundiert.

Versuch VI. 2. Februar 1892. Hund 24<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 67.5<sup>g</sup>. Morphin, Atropin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der Arteria carotis und dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1—5	12.5	24.5	30.6	36.7	178	160	169	128	110	119
6—10	12.5	27.5	27.3	36.0	178	156	167	130	112	121
11—15	12.5	37.0	20.3	36.5	176	160	168	128	116	122

Coagulation!

Versuch VII. 3. Februar 1892. Hund 19.2<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 47.5<sup>g</sup>. Morphin, Atropin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der Arteria carotis und dem peripheren Ende der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1—10	25.0	35.0	42.9	—	—	—	—	—	—	—
11—22	30.0	44.5	40.5	35.5	148	124	136	96	78	87
23—24 <sup>1</sup>	5.0	6.0	50.0	35.0	155	126	140 <sup>1/2</sup>	86	84	85
25—30	15.0	22.0	40.9	34.1	154	99	126 <sup>1/2</sup>	82	70	76
31—40	25.0	26.2	57.2	35.9	150	116	133	82	68	75
41—50	25.0	25.7	58.4	35.4	156	126	141	86	72	79
51—60	25.0	26.0	57.7	35.4	155	126	140 <sup>1/2</sup>	88	74	81
61—70	25.0	27.7	54.1	35.4	156	128	142	92	75	83 <sup>1/2</sup>
71—80	25.0	25.0	60.0	35.6	157	130	143 <sup>1/2</sup>	82	72	77
81—83	7.5	8.0	56.3	33.8	156	130	143	84	76	80
84—88 <sup>2</sup>	12.5	13.0	57.7	33.8	168	126	147	85	72	78 <sup>1/2</sup>
89—100	30.0	28.8	62.5	35.1	164	118	141	82	68	75
101—110	25.0	24.6	61.0	34.6	167	134	150 <sup>1/2</sup>	78	70	74
111—120	25.0	28.5	52.6	35.5	164	134	149	76	62	69
121—130	25.0	24.0	61.7	34.6	164	134	149	82	70	76
131—140	25.0	22.5	66.7	35.1	166	134	150	82	72	77
141—150	25.0	23.0	65.2	34.8	166	134	150	82	72	77
151—160	25.0	24.0	61.7	34.2	165	133	149	80	70	75

<sup>1</sup> Transfusion von 23<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

<sup>2</sup> Transfusion von 30<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
161—170	25.0	24.5	61.2	35.5	164	134	149	86	70	78
171—180	25.0	28.6	52.4	35.3	160	124	142	98	72	85
181—190	25.0	24.0	61.7	35.0	164	124	142	86	72	79
191—200	25.0	24.0	61.7	35.8	165	136	150 <sup>1/2</sup>	88	75	81 <sup>1/2</sup>
201—210	25.0	25.5	58.8	35.2	166	134	150	87	75	81
211—220	25.0	27.0	55.6	34.1	166	137	151 <sup>1/2</sup>	88	80	84
221—227	17.5	18.5	56.8	35.7	166	136	151	88	78	83
228—230 <sup>1</sup>	7.5	8.8	54.2	36.1	168	138	153	88	82	85
231—240	25.0	27.0	55.6	34.4	170	124	147	92	72	82
241—250	25.0	24.3	61.7	35.4	170	140	155	84	74	79
251—260	25.0	25.2	59.5	35.3	174	140	157	86	75	80 <sup>1/2</sup>
261—270	25.0	26.0	57.7	35.4	170	142	156	88	76	82
271—280	25.0	24.2	62.0	35.1	170	142	156	—	—	—
281—290	25.0	24.5	61.2	35.5	174	142	158	—	—	—
291—300	25.0	25.0	60.0	35.2	174	141	157 <sup>1/2</sup>	92	80	86
301—306	15.0	15.2	59.2	35.5	174	140	157	91	78	84 <sup>1/2</sup>
307—310 <sup>2</sup>	10.0	10.7	56.1	35.5	168	148	158	82	80	81
311—320	25.0	25.0	60.0	32.0	200	160	180	102	82	92
321—325	12.5	11.5	65.2	—	—	—	—	103	92	97 <sup>1/2</sup>
326—333	20.0	20.5	58.5	—	—	—	—	138	106	122
334—342	22.5	33.0	40.9	35.8	182	126	155	118	88	103
343—351 <sup>3</sup>	22.5	29.5	45.1	32.8	192	137	164 <sup>1/2</sup>	112	68	90
352—360	22.5	26.5	50.9	34.7	184	112	148	104	74	89
361—370	25.0	32.3	46.4	—	—	—	—	80	75	77 <sup>1/2</sup>
371—380	25.0	41.5	36.1	36.4	156	130	148	76	70	73
381—383	7.5	14.3	31.5	35.7	156	128	142	76	68	72
384—387 <sup>4</sup>	10.0	11.5	52.2	36.5	164	130	147	86	78	82
388—390	7.5	10.3	43.7	33.0	162	120	141	80	76	78
391—400	25.0	32.0	46.7	36.6	164	130	147	82	76	79
401—410	25.0	32.0	46.7	36.6	163	135	149	78	71	74 <sup>1/2</sup>
411—419	22.5	32.0	42.2	35.9	163	137	150	76	65	70 <sup>1/2</sup>
420—421 <sup>5</sup>	5.0	8.5	35.3	32.9	172	134	153	72	66	69
422—430	22.5	41.0	32.5	34.9	170	116	143	79	56	67 <sup>1/2</sup>
431—440	25.0	37.0	40.5	35.4	168	142	155	80	72	76
441—450	25.0	30.3	49.4	35.3	168	140	154	88	75	81 <sup>1/2</sup>

<sup>1</sup> Transfusion von 28 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.<sup>2</sup> Per. 307—333 Erstickung.<sup>3</sup> Per. 343—351 Erstickung.<sup>4</sup> Transfusion von 30 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.<sup>5</sup> Transfusion von 30 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
451—460	25.0	28.7	52.8	35.5	166	140	153	86	70	78
461—470	25.0	30.0	50.0	35.7	160	140	153	84	73	78 $\frac{1}{2}$
471—480	25.0	30.7	48.9	36.2	166	140	153	82	76	79
481—490	25.0	33.0	45.4	35.8	167	140	153 $\frac{1}{2}$	80	76	78
491—500	25.0	34.6	43.3	35.6	164	140	152	83	80	81 $\frac{1}{2}$
501—510	25.0	34.0	44.1	35.9	164	138	151	80	76	78
511—520	25.0	36.6	41.0	35.8	165	138	151 $\frac{1}{2}$	78	68	73
521—528	20.0	32.0	37.5	35.3	164	138	152	72	64	68
529—532 <sup>1</sup>	10.0	15.3	39.2	34.6	167	138	152 $\frac{1}{2}$	64	62	63
533—540	20.0	33.3	36.0	36.6	166	114	140	62	50	56
541—550	25.0	33.2	45.2	36.4	168	138	153	74	58	66
551—560	25.0	33.2	45.2	35.2	168	140	154	76	70	73
561—570	25.0	35.0	42.8	35.4	170	138	154	78	64	71
571—575	12.5	17.8	42.1	35.4	168	142	155	76	62	69
576—580 <sup>2</sup>	12.5	17.5	42.8	33.1	170	130	150	66	53	59 $\frac{1}{2}$
581—590	25.0	30.0	50.0	29.3	194	156	175	84	64	74

Versuch VIII. 5. Februar 1892. Hund 22.6<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 64<sup>g</sup>. Morphin, Atropin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der Arteria carotis und dem peripheren der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1	2.5	16.5	9.1	37.0	139	124	131 $\frac{1}{2}$	97	—	97
2—10	22.5	38.0	32.9	37.4	145	124	134 $\frac{1}{2}$	105	87	96
11—20	25.0	29.0	51.7	37.6	148	117	132 $\frac{1}{2}$	106	70	88
21—30	25.0	24.0	62.5	37.1	137	112	124 $\frac{1}{2}$	71	63	67
31—40	25.0	24.3	61.7	37.0	144	112	128	73	61	67
41—50	25.0	27.5	54.5	37.1	156	88	122	87	59	73
51—60	25.0	36.6	41.0	36.6	130	100	115	81	67	74

<sup>1</sup> Transfusion von 0.05<sup>g</sup> Coffein in 30<sup>ccm</sup> einer 0.6%, NaCl-Lösung.

<sup>2</sup> Per. 576—590 Erstickung.

Versuch IX. 9. Februar 1892. Hund 17.5<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 55<sup>g</sup>. Morphin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der A. carotis und dem peripheren der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz n 110''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1—10	25.0	54.5	27.5	38.9	135	117	126	98	82	86
11—20	25.0	47.3	31.7	37.6	132	119	125 <sup>1/2</sup>	86	80	83
21—30	25.0	53.7	28.0	37.1	135	122	128 <sup>1/2</sup>	98	90	94
31—40 <sup>1</sup>	25.0	70.5	21.3	37.4	138	128	133	108	100	104
41—50	25.0	71.0	21.1	37.3	140	128	134	111	106	108 <sup>1/2</sup>
51—54	10.0	31.3	19.1	37.1	142	128	135	112	106	109
55—56 <sup>2</sup>	5.0	14.4	20.8	34.0	146	122	134	116	102	109
57—60	10.0	26.0	23.1	34.6	142	117	129 <sup>1/2</sup>	110	92	101
61—67	17.5	38.0	27.6	36.3	144	120	132	109	104	106 <sup>1/2</sup>
68—71 <sup>3</sup>	7.5	21.0	21.4	34.7	150	120	135	112	103	107 <sup>1/2</sup>
72—78	17.5	31.0	33.9	34.8	144	131	137 <sup>1/2</sup>	114	104	109
79—80	5.0	9.4	31.9	36.2	149	139	144	116	114	113
81—90	25.0	50.5	29.7	36.4	150	139	144 <sup>1/2</sup>	118	115	116 <sup>1/2</sup>
91—95	12.5	26.5	28.3	36.6	150	138	144	118	116	117
96—100	12.5	24.4	30.7	36.9	150	140	145	118	117	117 <sup>1/2</sup>
110—110	25.0	47.5	31.6	36.8	150	140	145	118	114	116
111—120	25.0	46.5	32.3	37.0	151	140	145 <sup>1/2</sup>	118	116	117
121—122	5.0	9.0	33.3	36.7	150	141	145 <sup>1/2</sup>	116	115	115 <sup>1/2</sup>
123—126 <sup>4</sup>	10.0	17.8	33.7	34.8	154	126	140	118	112	115
127—130	10.0	14.5	41.4	32.4	154	132	143	118	110	114
131—140	25.0	39.3	38.2	35.6	152	140	146	115	108	111 <sup>1/2</sup>
141—150	25.0	40.0	37.5	38.8	154	144	149	119	116	117 <sup>1/2</sup>
151 <sup>5</sup> —151 <sup>2</sup>	107.5	179.0	36.0	36.4	155	142	148 <sup>1/2</sup>	120	112	116
151—160	25.0	44.0	34.1	36.4	155	144	149 <sup>1/2</sup>	118	113	115 <sup>1/2</sup>
161—166	15.0	26.4	34.1	37.1	156	143	149 <sup>1/2</sup>	116	106	111
167—170 <sup>6</sup>	10.0	17.2	34.9	34.3	158	136	147	113	109	111
171—180	25.0	35.5	42.3	33.8	156	142	149	114	102	108

Hier wird der Versuch eine Zeit lang unterbrochen und die Stromuhr gereinigt.

<sup>1</sup> Zwischen Per. 30 u. Per. 31 123'' Unterbrechung, weil das elektrische Signal nicht schrieb.

<sup>2</sup> Transfusion von 30<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

<sup>3</sup> Transfusion von 30<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

<sup>4</sup> Transfusion von 30<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

<sup>5</sup> Transfusion von 30<sup>ccm</sup> einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.

## Zweite Reihe.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
1—3	ccm	"	ccm							
	7.5	21.0	21.4	36.2	159	150	154 $\frac{1}{2}$	126	122	124
4	2.5	21.0	7.1	36.7	158	146	152	130	—	130
5	2.5	8.0	18.8	37.5	158	152	155	126	—	130
6—10	12.5	44.8	16.7	36.6	158	150	154	128	124	126
11—17	17.5	56.0	18.8	36.8	159	147	153	128	121	124 $\frac{1}{2}$
18—20 <sup>1</sup>	7.5	15.2	29.6	32.2	160	141	150 $\frac{1}{2}$	124	110	117
21—30	25.0	40.0	37.5	33.0	159	140	149 $\frac{1}{2}$	120	104	112
31—40	25.0	38.5	38.9	35.8	158	148	153	120	108	114
41—50	25.0	44.0	34.1	35.7	160	150	155	120	114	117
51—53	7.5	12.0	37.5	35.8	158	151	154 $\frac{1}{2}$	118	118	118
54—57 <sup>2</sup>	10.0	16.2	37.0	32.1	165	132	148 $\frac{1}{2}$	120	106	113
58—60	7.5	10.2	44.2	29.4	160	142	151	116	110	113
61—70	25.0	31.0	48.4	32.6	158	140	149	112	100	106
71—80	25.0	35.8	42.2	34.1	160	149	154 $\frac{1}{2}$	119	108	113 $\frac{1}{2}$
81—90	25.0	34.4	44.9	30.8	170	138	154	124	110	117
91—93 <sup>3</sup>	7.5	12.3	36.6	30.3	170	140	155	130	116	123
94—100	17.5	39.3	26.7	30.3	148	122	135	117	96	106 $\frac{1}{2}$
101—110	25.0	36.5	41.1	30.1	138	120	129	94	92	93
111—120	25.0	30.6	49.0	29.7	144	120	132	100	88	94
121—130	25.0	29.8	50.3	29.2	148	132	140	108	92	100
131—140	25.0	32.0	46.9	30.0	154	138	146	108	100	104
141—150	25.0	31.0	48.4	30.6	156	140	148	112	104	108
151—160	25.0	32.3	46.4	30.7	157	148	152 $\frac{1}{2}$	113	108	110 $\frac{1}{2}$
161—170	25.0	32.7	45.9	30.6	158	146	152	114	110	112
171—180	25.0	33.6	44.6	31.8	162	152	157	118	114	116
181—190	25.0	36.5	41.1	31.5	162	152	157	118	116	117
191—200	25.0	39.4	38.1	32.2	162	154	158	120	119	119 $\frac{1}{2}$
201—210	25.0	41.3	36.3	32.9	164	152	158	123	116	119 $\frac{1}{2}$
211—220	25.0	43.0	34.9	32.3	166	154	160	124	119	121 $\frac{1}{2}$
221—230	25.0	44.6	33.6	32.5	164	154	159	124	120	122
231—240	25.0	46.5	32.3	32.5	164	156	160	124	120	122
241—250	25.0	49.0	30.6	33.2	164	156	160	126	122	124
251—257	17.5	35.5	29.6	33.0	164	156	160	123	121	122

<sup>1</sup> Transfusion von 30 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.<sup>2</sup> Transfusion von 30 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung.<sup>3</sup> Transfusion von 100 ccm einer 0.6% auf Körpertemperatur erwärmten NaCl-Lösung.



Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
258—260 <sup>1</sup>	7.5	14.8	30.4	30.4	166	154	160	125	123	124
261—270	25.0	45.6	32.9	28.7	170	144	157	130	118	124
271—280	25.0	32.8	45.7	28.7	161	134	147 <sup>1/2</sup>	116	100	108
281—290 <sup>2</sup>	25.0	27.7	54.1	27.8	162	136	149	110	100	105
291—300	25.0	27.6	54.4	28.3	162	150	156	110	106	108
301—310	25.0	29.0	51.7	28.3	166	144	155	112	102	107
311—320	25.0	30.0	50.0	28.3	166	154	160	116	112	114
321—330	25.0	30.0	50.0	29.0	167	158	162 <sup>1/2</sup>	116	111	113 <sup>1/2</sup>
331—340	25.0	32.0	46.9	29.4	166	158	162	116	111	113 <sup>1/2</sup>
341—350	25.0	33.0	45.5	30.0	166	158	162	—	—	—
351—360	25.0	32.6	46.0	30.4	168	160	164	115	110	112 <sup>1/2</sup>
361—370	25.0	32.8	45.8	30.4	168	158	163	114	106	110
371—380	25.0	34.5	43.5	30.7	168	156	162	116	108	112
381—390	25.0	35.4	42.4	30.8	169	158	163 <sup>1/2</sup>	116	108	112

Hier wird der Versuch wieder während etwa 18 Minuten unterbrochen, die Stromuhr ausgeputzt und dem Thiere 30 ccm einer 2% NaNO<sub>3</sub>-Lösung sowie 90 ccm einer physiologischen Kochsalzlösung transfundiert.

## Dritte Reihe.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10''	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1—10	25.0	42.5	35.3	31.1	166	154	160	126	114	120
11—20	25.0	44.2	33.9	31.4	166	154	160	115	113	114
21—30	25.0	43.6	34.4	31.9	164	152	158	114	108	111
31—33	7.5	12.5	36.0	32.0	160	154	157	108	104	111
34—40 <sup>3</sup>	17.5	25.4	41.3	29.5	165	152	158 <sup>1/2</sup>	108	102	105
41—50	25.0	31.0	48.4	28.7	166	150	158	96	90	93
51—60	25.0	28.6	52.4	28.3	168	144	156	98	86	92
61—70	25.0	30.8	48.7	28.9	166	150	158	102	90	96
71—80	25.0	33.4	44.9	29.9	168	152	160	104	94	99

<sup>1</sup> Transfusion von 60 ccm einer auf Körpertemperatur erwärmten 0.6% NaCl-Lösung.

<sup>2</sup> Hier kommt ein Tropfen Harn aus dem Harnleiter.

<sup>3</sup> Während Per. 34—50 Transfusion von 60 ccm einer auf Körpertemperatur erwärmten 0.6% NaCl-Lösung.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
81—88	20.0	29.6	40.5	30.4	170	148	159	108	100	104
89—93 <sup>1</sup>	12.5	19.0	39.5	26.8	172	152	162	107	102	104 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
94—100	17.5	25.8	40.7	22.5	172	188	155	104	96	100
101—110	25.0	39.0	38.4	28.7	170	154	162	108	96	102
111—120	25.0	46.7	32.1	29.8	169	156	162 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	114	102	108
121—130	25.0	58.4	25.7	31.2	170	156	163	114	108	111

Versuch X. 13. Februar 1892. Hund 26.5<sup>kg</sup> schwer. Rechte Niere 64<sup>g</sup> Morphin, Curare, Pepton. Manometer mit dem centralen Ende der A. carotis und dem peripheren Ende der Nierenarterie verbunden.

Periode	Durchströmende Blutmenge	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlere Pulsfrequenz in 10"	Blutdruck; mm Hg					
					A. carotis			A. renalis		
					Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
	ccm	"	ccm							
1	2.5	10.0	15.0	28.0	114	107	110 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	75	—	75
2—3	5.0	11.0	27.3	27.3	117	109	113	78	62	70
4	2.5	19.5	7.7	27.2	117	109	113	80	—	80
5	2.5	18.4	8.2	27.7	117	109	113	80	—	80
6—10	12.5	58.0	12.9	27.6	120	109	114 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	78	72	75
11—15	12.5	48.5	15.5	27.6	121	109	115	78	75	76 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
16—20	12.5	38.0	19.7	27.6	120	109	114 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	75	70	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
21—23	7.5	20.8	21.6	27.9	120	112	116	71	68	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
24—28 <sup>2</sup>	12.5	26.4	28.4	27.7	129	95	112	72	58	65
29—33	12.5	30.5	24.6	27.5	107	87	97	57	54	55 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
34—37 <sup>3</sup>	10.0	20.0	30.0	27.0	121	99	110	65	55	60
38—39	5.0	10.3	29.1	26.2	115	102	108 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	62	60	61
40—42 <sup>4</sup>	7.5	14.0	32.1	27.1	181	107	119	70	62	66
43—46	10.0	21.3	28.2	27.7	126	94	110	69	66	67 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
47—49 <sup>5</sup>	7.5	18.5	24.3	26.5	193	105	119	78	74	76
50—51	5.0	15.0	20.0	27.3	138	93	115 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	82	68	75

<sup>1</sup> Transfusion von 30 ccm einer 2% NaNO-Lösung.

<sup>2</sup> Transfusion von 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung.

<sup>3</sup> Transfusion von 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung.

<sup>4</sup> Transfusion von 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung.

<sup>5</sup> Transfusion von 30 ccm einer 0.6% NaCl-Lösung.

## Drittes Capitel.

## Die Blutsufuhr zu der Niere ohne Transfusion von harntreibenden Mitteln.

Da die Nierenerven zum grössten Theile oder vollständig bei der Operation durchschnitten werden mussten, sind die Nierengefässe natürlich abnorm erweitert gewesen und die Blutmenge, welche pro 1 Min. die Nierenarterie passirt, ist also aller Wahrscheinlichkeit nach grösser, als sonst bei hungernden Hunden, welche kein Diureticum erhalten haben. Daher haben wir auch keine längeren Beobachtungsreihen in dieser Hinsicht gemacht, sondern ziemlich bald nach dem Beginn der Messung harntreibende Mittel transfundirt, um deren Wirkung auf die Circulation der Niere zu studiren. Es ist jedoch nothwendig, die betreffenden Bestimmungen hier kurz zu besprechen, damit wir den Einfluss der harntreibenden Mittel eingehender studiren können.

Wir stellen deshalb die Bestimmungen, welche vor aller Transfusion von harntreibenden Mitteln gemacht worden sind, hier zusammen.

Vers. u. Ge- wicht der Niere	Periode	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlerer Blutdruck; mm Hg	
				A. carotis	A. renalis
		"	ccm		
I 33 "	1—9	68.6	19.7	—	64
	10—20	113.0	14.6	—	61
	21—26	63.0	14.3	—	50
II 19 "	2—6	100.0	7.5	62 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	49
	7—10	92.4	6.5	60	47
	11—17	171.6	6.2	59	47
	18—20	69.0	6.5	70 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	56
IV 42 "	1	16.7	9.0	75 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	61
	2	14.4	10.4	76	62 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	3—5	29.0	15.5	76 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	60 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	6—10	41.8	18.2	75	61
	11—20	70.0	21.4	77	60
	21—30	65.0	23.1	78	59
	31—40	64.7	23.2	74	59 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	41—50	65.0	23.1	76	60 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	51—54	26.4	22.7	74	59

} Centrales Ende  
der A. renalis

} Peripher. Ende  
der A. renalis

do.

Vers. u. Ge- wicht der Niere	Periode	Zeit	Pro 1 Min.	Mittlerer Blutdruck; mm Hg		
				A. carotis	A. renalis	
		"	ccm			
VI 67.5 <sup>g</sup>	1—5	24.5	30.6	169	119	} Centrales Ende der A. renalis
	6—10	27.5	27.3	167	121	
	11—15	37.0	20.3	168	122	
VII 47.5 <sup>g</sup>	1—10	35.0	42.9	—	—	} Peripher. Ende der A. renalis
	11—22	44.5	40.5	136	87	
VIII 64 <sup>g</sup>	1	16.5	9.1	131 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	97	} do.
	2—10	38.0	32.9	134 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	96	
	11—20	29.0	51.7	132 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	88	
	21—30	24.0	62.5	124 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	67	
	31—40	24.3	61.7	128 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	67	
	41—50	27.5	54.5	122	73	
	51—60	36.6	41.0	115	74	
IX 55 <sup>g</sup>	1—10	54.5	27.5	126	86	} do.
	11—20	47.3	31.7	125 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	83	
	21—30	53.7	28.0	128 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	94	
	31—40	70.5	21.3	133	104	
	41—50	71.0	21.1	134	108 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
	51—54	31.3	19.1	135	109	
X 64 <sup>g</sup>	1	10.0	15.0	110 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	75	} do.
	2—3	11.0	27.3	113	70	
	4	19.5	7.7	113	80	
	5	18.4	8.2	113	80	
	6—10	58.0	12.9	114 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	75	
	11—15	48.5	15.5	115	76 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
	16—20	38.0	19.7	114 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	72 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
	21—23	20.8	21.6	116	69 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	

Diese Versuche sind in den beigelegten Tafeln graphisch dargestellt (vgl. die Erläuterung der Tafeln am Ende der Abhandlung).

Trotzdem die Gefässnerven der Niere zum grossen Theile durchschnitten sind, finden wir jedoch bei jedem Versuche mehr oder weniger grosse Schwankungen der pro 1 Minute durchströmenden Blutmenge. Beim Versuch I nimmt die Blutmenge im Verlauf von 244.6 Sec. von 19.7 bis 14.3<sup>ccm</sup> pro Minute ab. Im Versuch II sind die Schwankungen kleiner und die Blutzufuhr variirt hier während 433.0 Sec. nur zwischen 7.5 und 6.2<sup>ccm</sup>. Der Versuch VI, bei welchem die Messung nur 89.0 Sec. stattfindet, bietet eine Abnahme von 30.6 bis

20.3 <sup>oem</sup> dar. In diesem Versuche gerann das Blut unmittelbar nachher und wir wollen also demselben keine weitere Bedeutung anerkennen. Bei den Versuchen I und II zeigen dagegen die Bestimmungen, welche nach Transfusion von harntreibenden Mitteln gemacht worden sind, dass hier von einer Gerinnung keine Rede sein kann.

Während wir bei diesen Versuchen einer grösseren oder kleineren Abnahme der durchströmenden Blutmenge begegnet haben, finden wir bei den übrigen im Gegentheil, dass die Blutzufuhr zuweilen sehr beträchtlich zunimmt, wie im Versuch IV, wo sie von 9.0 <sup>oem</sup> pro 1 Min. während 301.1 Sec. bis auf 23.2 <sup>oem</sup> (Per. 31—40) steigt, im Versuch VIII, wo sie sich im Verlaufe von 107.5 Sec. von 9.1 auf 62.5 <sup>oem</sup> erhöht.

Bei noch anderen Versuchen erscheinen Variationen in beiden Richtungen. In Versuch IX haben wir zuerst eine Zunahme von 27.5 auf 31.7 <sup>oem</sup> und dann eine Abnahme bis 19.1 <sup>oem</sup>. In Versuch X nimmt anfangs die Blutmenge von 15.0 bis auf 27.3 zu und dann schnell auf ein Minimum von 7.7 <sup>oem</sup> ab, um nachher aufs Neue allmählich bis auf 21.6 <sup>oem</sup> zu steigen.

Dass diese Schwankungen der Blutmenge nicht von parallelen Variationen des Aortadruckes abhängig sind, geht ohne Weiteres daraus hervor, dass, wie es aus der graphischen Darstellung am besten ersichtlich ist, letzterer entweder constant bleibt oder nur sehr wenig, ja sogar in umgekehrter Richtung variiert.

Es ist also deutlich, dass die Variationen der durchströmenden Blutmenge von Variationen des Widerstandes in den Nierengefässen verursacht sind. Sie bezeugen also, dass, trotz der ausgiebigen, wenn auch nicht vollständigen Zerstörung der Nierennerven, die Gefässe jedoch Tonusschwankungen darbieten. Wovon diese herrühren, dürfte nicht leicht sein für alle Fälle zu entscheiden. Die zurückgebliebenen Nierennerven können selbstverständlich einen gewissen Einfluss ausüben, aber auch andere Umstände können hierbei mitbetheiligt gewesen sein. Ein Factor, dessen Bedeutung zuweilen ganz deutlich hervortritt, ist der Einfluss der Einströmung des kalten Salzwassers aus der Stromuhr eben im Beginne des Versuchs. Dadurch werden die Gefässwände in irgend einer Weise gereizt, sie contrahiren sich und machen dem strömenden Blute einen grossen Widerstand. Davon ist z. B. die Abnahme während Per. 4, Versuch X, sowie während Per. 4 in der zweiten Reihe des Versuchs IX zweifellos bedingt. Alles in Allem zeigen die hier vorliegenden Bestimmungen, dass die Nierengefässe nicht vollkommen schlaff sind; im Gegentheil, sie reagiren noch bei directer Reizung des durch sie strömenden Blutes.

Wenn die künstliche Athmung unterbrochen wird, so nimmt auch die durch die Niere strömende Blutmenge ab. In einigen Fällen zeigt sich eine übergelende Steigerung, welche dann bald von einer Abnahme gefolgt wird, wie dies aus den folgenden Zusammenstellungen hervorgeht, bei welchen wir auch Beobachtungen nach Transfusion harntreibender Mittel aufgenommen haben, da sie in dieser Hinsicht den übrigen vollständig analog sind.

Ver- such	Periode	Blutmenge durch die Nierenarterie pro Min.
		ccm
I	10—20	14.6
	21—26	14.3
	27—30	14.3
	31—32	9.8
	33	6.2
	34—40	10.3
	41—50	11.7
II	116—120	21.6
	121—126	21.7
	126 <sup>b</sup> —135	21.3
	136—140	18.2
	141—145	16.4
	146—150	18.6
	151—156	20.6
	157—165	22.8
	166—170	18.7
	171—175	12.2
	176—177	7.6
VI	171—185	25.6
	186—190	28.6
	191—194	17.9
	195	13.6
	196—200	22.1
VII	191—300	60.0
	301—306	59.2
	307—310	56.1
	311—320	60.0
	321—325	65.2
	326—333	58.5
	334—342	40.9
	343—351	45.1
	352—360	50.9
	361—370	46.4
	371—380	36.1

Die Abnahme während der Erstickung kann theils davon bedingt sein, dass das Herz dabei wegen der allgemeinen Gefäßcontraction eine kleinere Blutmenge als vorher her austreibt, theils auch ihre Ursache darin haben, dass sich die Gefäße der Niere verengen. Wir glauben, dass die erste Möglichkeit die wichtigere ist. Da aber, wie aus der vorhergehenden Zusammenstellung ersichtlich ist, die Abnahme auch nach beendeter Erstickung uns begegnet, ist es wohl kaum zu verneinen, dass auch die Gefäße der Niere sich in einem gewissen Grade contrahiren. Inwiefern diese Contraction der Nierengefäße von einer directen Reizung durch das Erstickungsblut oder von einem Nerven-einfluss bedingt ist, darüber können wir gar nichts Bestimmtes aussprechen.

Dass die ausgiebige Zerstörung der Nierennerven durch die Operation die Nierengefäße jedoch nicht vollständig erlahmt hat, geht aus der Einwirkung der harntreibenden Mittel entschieden hervor. Dies wird aber schon dadurch wahrscheinlich gemacht, dass bei den verschiedenen Versuchen die durchströmende Blutmenge in Procenten des Nierengewichtes beträchtlich variirt und in gar keinem Verhältniss zu der Höhe des dabei stattfindenden mittleren Aortendruckes steht. Dies bezeugt die folgende Zusammenstellung:

Ver- such	Mittlere Blut- menge pro 1 Min. in Procenten des Nierengewichtes	Mittlerer Blutdruck; mm Hg		Periode
		A. carotis	A. renalis	
I	48.2	—	61 $\frac{1}{2}$ <sup>1</sup>	1—26
II	34.7	62	50 <sup>2</sup>	1—20
IV	54.0	76	59 $\frac{1}{2}$ <sup>2</sup>	11—54
VI	37.6	167	121 <sup>1</sup>	1—15
VII	87.3	136	87 <sup>2</sup>	1—22
VIII	71.9	127	83 <sup>2</sup>	1—60
IX	44.9	130	97 <sup>2</sup>	1—54
X	24.1	114	75 <sup>2</sup>	1—23

Bei diesen Versuchen variirt der mittlere Carotisdruk zwischen 167 und 62 mm Hg, die minutliche Blutmenge der Niere in Procenten ihres Gewichtes zwischen 24.1 und 87.3. Bei dem geringsten Carotisdruk (62—76 mm Hg) beträgt die procentische Blutmenge der Niere 34.7—54.0 (Versuch II und IV); bei einem Carotisdruk von 114 ist

<sup>1</sup> Manometer mit dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden.

<sup>2</sup> Manometer mit dem peripheren Ende der Nierenarterie verbunden.

sie dagegen 24.1 (Versuch X); bei einem Carotisdruk von 127—130 ist sie im ersten Falle 71.9, im zweiten aber um 44.9 (Versuch VIII und IX). Bei dem höchsten hier beobachteten Carotisdruk (167 mm Hg) ist die procentische Blutmenge der Niere 37.6 (Versuch VI), während sie bei einem viel niederen Drucke (136 mm) ihr Maximum von 87.3% erreicht (Versuch VII).

Da also die Nierenblutmenge bei den verschiedenen Versuchen in keiner bestimmten Beziehung zu dem in der Aorta stattfindenden Druck gebracht werden kann, ist es klar, dass andere Factoren hierbei in einem wesentlichen Grade thätig sein müssen. Welche diese Factoren sind, können wir nicht entscheiden. Einer derselben dürfte jedoch in einem verschieden grossen Halt von harntreibenden Stoffen gesucht werden können, denn wir werden sehen, dass unter deren Einfluss der Blutstrom durch die Niere sich in einem ausserordentlich bemerkenswerthen Grade verändert.

Weil die Nierenerven zum grössten Theile durchschnitten waren, können wir auf Grund der hier vorliegenden Beobachtungen keine bestimmten Angaben über die bei normaler Innervation durch die Niere strömende Blutmenge vorlegen. Da aber, wie schon hervorgehoben, die Nierengefässe lange nicht ganz erlähmt gewesen, ferner die Thiere vor dem Versuch etwa 24 Stunden oder länger gehungert hatten und also die Menge von harntreibenden Mitteln im Blute wahrscheinlich nicht besonders gross war, dürfte es jedoch erlaubt sein, schon aus diesen Bestimmungen den Schluss zu ziehen, dass auch unter normalen Verhältnissen die Niere eine relativ sehr grosse Blutmenge bekommt. Wir wollen uns jedoch nicht weiter auf das Gebiet der Hypothesen wagen, da ja ausserdem die Erfahrungen über den Einfluss der harntreibenden Mittel mit voller Bestimmtheit beweisen, dass die Niere, wenn die allgemeine Oeconomie des Körpers dies nöthig hat, äusserst reichlich mit Blut versorgt wird.

#### Viertes Capitel.

##### Die Blutaufuhr zu der Niere nach Transfusion von harntreibenden Mitteln.

Vor einigen Jahren hat Immanuel Munk eine grosse Anzahl Versuche über den Einfluss von harntreibenden Mitteln auf die Niere ausgeführt. Er experimentirte an der frisch ausgeschnittenen Niere grosser Hunde, welche von der Nierenarterie aus mit einfach defibrinirtem oder, was in der Regel geschah, durch Zusatz von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Vol. Wasser, bezw. Kochsalzlösung, verdünntem und lackfarbenem



Blut künstlich transfundirt wurde. Der Durchströmungsdruck betrug etwa 100—120—190 mm Hg. Dabei fand er, dass die harntreibenden Mittel, welche von ihm geprüft wurden, mit alleiniger Ausnahme der Digitalis, einen bedeutenden Einfluss auf die Gefässe ausüben, indem nämlich bei Zusatz dieser Stoffe zu dem zu transfundirenden Blute die Nierengefässe sich bei constantem Durchströmungsdruck in einem hohen Grade erweiterten, was daraus hervorging, dass die aus der Vene ausfliessende Blutmenge beträchtlich zunahm.<sup>1</sup>

Dasselbe Resultat in Bezug auf die Erweiterung der Nierengefässe durch Diuretica erhielt Munk auch bei einer Niere, die 24 Stunden lang bei 0° C. im Eisschrank gelegen hatte. Da „die Nerven und Ganglien, letztere fast momentan nach der Absperrung der Blutzufuhr ihre Erregbarkeit einbüssen“, während die Erregbarkeit der Muskeln unter geeigneten Bedingungen länger anhält, schliesst Munk aus diesem Versuche, dass hier eine directe Einwirkung der im Blute gelösten und an der Gefässwand vorbeistreichenden harntreibenden Mittel zweifellos vorliegt.<sup>2</sup>

Es war von vornherein im höchsten Grade wahrscheinlich, dass auch die im Körper befindliche, normal durchgeströmte Niere bei Zufuhr von harntreibenden Mitteln dieselbe Gefässerweiterung, wie die ausgeschnittenen Nieren Munk's darbieten sollte. Was aber ohne directe Versuche nicht ermittelt werden konnte, war der Umfang dieser Gefässerweiterung. Für die Kenntniss der Wirkung der harntreibenden Mittel auf den Kreislauf der Niere war es daher nöthig, directe Bestimmungen vorzunehmen; erst durch solche konnte die Bedeutung dieser Stoffe in der betreffenden Hinsicht vollständiger ermittelt werden. Daher haben wir, so weit unser Versuchsmaterial es erlaubte, uns befleissigt, die Einwirkung der Diuretica auf den Nierenkreislauf aufzuklären.

Da unsere Untersuchung nicht bezweckte, die einzelnen harntreibenden Mittel unter einander zu vergleichen, haben wir nur drei benutzt, und zwar NaNO<sub>3</sub> in 2 oder 3proc. Lösung, NaCl in 0.6 proc. Lösung und Coffein. Aber auch diese Mittel haben wir angewandt, nur um die Nierencirculation zu beeinflussen und nicht um ihre verschieden grosse Wirkung auf die Nierensecretion festzustellen.

Der Einfluss der harntreibenden Mittel ist prägnant: kurz nach der Transfusion nimmt die durch die Niere strömende Blutmenge in einem sehr erheblichen Grade zu, um dann allmählich wieder abzunehmen. Eine neue Transfusion treibt die Nierenblutmenge wieder in die Höhe.

<sup>1</sup> J. Munk, *Centralblatt f. d. med. Wiss.* 1886. Nr. 27. — *Archiv f. pathol. Anat.* CVII, S. 291—355; 1887. CXI. S. 434—448; 1888.

<sup>2</sup> J. Munk, *Archiv für pathol. Anat.* CXI. S. 439—440.

Als Beleg verweisen wir auf die im zweiten Capitel mitgetheilten Versuchsprotocolle und stellen zur besseren Uebersicht die mittleren Werthe hier zusammen.

Ver- such	Nr. der In- jec- tion <sup>1</sup>	Injicirte Flüssigkeit	Periode	Ges. Zeit	Ges. Blut- menge durch die A. renalis	Pro 1 Min. durch die A. renal.	Zunahme des Minutvolum. in Proc. d. ur- sprünglichen Minutvolum. <sup>2</sup>	Zunahme der Blutmenge d. Körp. in Proc. der ursprüngl. Blutmenge
I	—		1—26	244.6	65.0	15.9	—	—
	1	3% NaNO <sub>3</sub>	63—110	357.8	120.0	20.1	26.5	4.0
	2	„	116—220	699.5	262.5	22.5	41.5	7.9
	3	„	226—320	561.3	237.5	25.4	59.8	11.9
II	—		1—20	433.0	47.5	6.6	—	—
	1	3% NaNO <sub>3</sub>	29—50	210.9	55.0	15.7	137.9	6.3
	2	„	57—86	220.3	75.0	20.4	209.1	12.6
	3	„	110—126	126.8	42.5	20.1	204.5	18.9
IV	—		11—54	291.1	110.0	22.7	—	—
	1	1% Coffein	61—185	722.1	312.5	26.0	14.6	1.0
	2	„	251—295	276.2	112.5	24.4	7.6	2.0
	3—6	0.6% NaCl	2R. 87—170	490.5	210.0	25.7	13.2	14.0
VII	—		1—22	79.5	55.0	41.5	—	—
	1	2% NaNO <sub>3</sub>	25—83	160.6	147.5	56.1	35.2	2.1
	2	„	89—227	347.5	347.5	60.0	44.6	4.3
	3	„	231—306	191.4	190.0	59.6	43.6	6.4
	4	„	388—419	106.3	80.0	45.2	8.9	8.6
	5	„	422—528	367.9	267.5	43.6	5.1	10.9
	6	0.17% Coff.	533—575	152.5	107.5	42.3	1.9	13.1
IX	—		1—54	328.3	135.0	24.7	—	—
	1	2% NaNO <sub>3</sub>	57—67	64.0	27.5	25.8	4.4	2.5
	2	„	72—122	244.8	127.5	31.3	26.7	4.9
	3	„	127—166	343.2	207.5	36.3	47.0	7.3
	4—5	„	2R. 21—53	134.5	82.5	36.8	49.0	12.2
	6	„	58—90	111.4	82.5	44.4	79.8	14.7
	7	0.6% NaCl	94—200	373.7	267.5	43.0	74.1	22.9
			201—257	259.9	142.5	32.9	33.2	22.9
	8	„	261—390	423.0	325.0	46.1	85.4	27.7
	9	„	3R. 51—88	122.4	95.0	46.6	88.7	32.7
	10	2% NaNO <sub>3</sub>	94—130	169.9	92.5	32.7	32.4	35.1

<sup>1</sup> Die während der stattfindenden Injection durchströmende Blutmenge ist bei der Berechnung der mitgetheilten Werthe nicht mitgenommen.

<sup>2</sup> Vor aller Injection.

Im Versuch I ist eine 3 proc.  $\text{NaNO}_3$ -Lösung transfundiert worden. Nach der ersten Transfusion steigt die Nierenblutmenge der vor der Transfusion beobachteten gegenüber um 26.5 %, nach der zweiten ist die Steigerung 41.5 und nach der dritten 59.8 %; d. h. die pro Minute durch die Niere strömende Blutmenge hat in Folge dieser drei Transfusionen im Mittel um 59.8 % zugenommen.

Beim Versuch II begegnen wir einer noch stärkeren Zunahme: durch die drei Transfusionen von 3 proc.  $\text{NaNO}_3$ -Lösung nimmt die Nierenblutmenge um mehr als das doppelte zu; die Steigerung beträgt nämlich im Mittel nach der ersten Transfusion 137.9, nach der zweiten 209.1, nach der dritten 204.5 % des ursprünglichen Minutvolumens.

Der Versuch IV, wo zuerst eine 1 proc. Coffeinelösung zweimal und dann eine 0.6 proc.  $\text{NaCl}$ -Lösung transfundiert wurde, bietet nur eine verhältnissmässig kleine Zunahme dar, nämlich nach Coffein 14.6 und 7.6 % und nach der  $\text{NaCl}$ -Lösung 13.2 % des ursprünglichen Minutvolumens.

Beim Versuch VII erhöhen die beiden ersten Transfusionen von 2 proc.  $\text{NaNO}_3$ -Lösung die Nierenblutmenge um 35.2, bzw. 44.6 % des ursprünglichen Minutvolumens. Bei ferner fortgesetzter Transfusion nimmt die Blutmenge im Gegentheil allmählich ab; die Zunahme beträgt nach der 3.—5. Transfusion von  $\text{NaNO}_3$ , resp. 43.6, 8.9 und 5.1 % sowie nach Transfusion von 0.17 proc. Coffein nur 1.9 % des ursprünglichen Minutvolumens.

Endlich finden wir beim Versuch IX als Folge der wiederholten Transfusion von 2 proc.  $\text{NaNO}_3$ -Lösung eine stetige Zunahme der Nierenblutmenge. Durch 6 Transfusionen wird sie um 4.4, 26.7, 47.0, 49.0, 79.8 % des ursprünglichen Minutvolumens gesteigert. Dann nimmt sie, trotz Transfusion von einer 0.6 proc.  $\text{NaCl}$ -Lösung wieder ab, und zwar beträgt die Zunahme nach der 7. Transfusion nur 74.1 und später 33.2 % des ursprünglichen Minutvolumens. Zwei neue Transfusionen von 0.6 proc.  $\text{NaCl}$ -Lösung bewirken jedoch eine Zunahme der Nierenblutmenge von 85.4, bez. 88.7 % des ursprünglichen Minutvolumens.

Als Ergebniss unserer Bestimmungen können wir also sagen, dass Transfusionen der von uns benutzten Lösungen die durch die Niere bei normaler Circulation strömende Blutmenge in einem sehr hohen Grade steigern. Diese Steigerung ist aber vorübergehend und geht allmählich zurück.

Die Ursache dieser Steigerung kann dreierlei sein: entweder treibt das Herz eine der transfundierten Flüssigkeit entsprechende grössere Blutmenge in die Gefässe heraus, oder steigt der Aortendruck durch ausgiebige Contraction irgend eines Gefässgebietes, oder werden die

Nierengefäße unter dem Einfluss der transfundirten Stoffe erweitert. Für die letzte Möglichkeit sprechen entschieden die Versuche Munk's an ausgeschnittenen Nieren. Und auch unsere Versuche können kaum in einer anderen Weise aufgefasst werden. Denn wie ein Blick auf die letzte Spalte der Tabelle S. 265 lehrt, ist die Zunahme der gesamten Blutmenge des Körpers (normale Blutmenge zu 7 % des Körpergewichts berechnet) in Folge der Transfusion viel kleiner, als die Zunahme der Nierenblutmenge. Im Versuch I ist das Maximum der Zunahme dieser 59.8 %, die entsprechende Zunahme jener 11.9 %. Im Versuch II entspricht der Zunahme der Nierenblutmenge um 209.1 % eine Zunahme der Gesamt-Blutmenge um 12.6 %. Die maximale Zunahme der Nierenblutmenge beträgt im Versuch IV 14.6 %, die entsprechende Zunahme der Gesamt-Blutmenge 1.0 %. Im Versuch VII finden wir beim Maximum der Zunahme der Nierenblutmenge um 44.6 % eine Zunahme der Gesamt-Blutmenge um 4.3 %. Und im Versuch IX ist die Zunahme der Nierenblutmenge nach 6 Transfusionen von  $\text{NaNO}_3$  79.8, während zur gleichen Zeit die Zunahme der Gesamt-Blutmenge nur 14.7 % beträgt.

Dass auch nicht eine Steigerung des allgemeinen Blutdrucks die wesentliche Ursache der vermehrten Blutzufuhr zu der Niere darstellen kann, geht aus der graphischen Wiedergabe der Versuche ohne Weiteres hervor, besonders da es sich, wie wir später näher erörtern werden, herausstellt, dass bei sehr reichlicher Durchblutung der Niere der Seitendruck in der Nierenarterie sinkt statt zu steigen, wie dies der Fall sein musste, wenn die Steigerung des Aortendrucks an und für sich die vermehrte Blutströmung zu der Niere bedingen sollte.

Es ist also hierdurch nachgewiesen, dass die Einführung dieser Stoffe im Blute eine beträchtlich vermehrte Blutzufuhr zu der Niere hervorruft, welche weder von der durch die Transfusion bedingten grösseren Blutmenge des Körpers, resp. Minutvolumens des Herzens, noch von den Schwankungen des Aortendrucks, sondern durch eine specifische Wirkung der betreffenden Stoffe auf die Gefäße der Niere verursacht ist.

Die Bestimmungen, welche wir in der Tabelle S. 265 zusammengestellt haben, stellen mittlere Werthe für eine grössere Anzahl Perioden dar. Wenn wir die Versuchsprotocolle durchmustern, so finden wir während kleinerer Abschnitte unter der Einwirkung harn-treibender Mittel eine noch grössere Zunahme des Minutvolumens, wie dies aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist.

Ver- such	Blutmenge durch die Niere pr. Min. vor aller Transfusion	Periode	Maxim. Blut- menge durch die Niere pro Min. unter der Wirkung der Transfusion	Periode	Procent. Zunahme d. Nieren- blut- menge	Procent. Zunahme der Blut- menge des Körpers
	ccm		ccm			
I	15.9	1—26	30.7	251—260	93.2	11.9
II	6.6	1—20	22.6	65—70	257.5	12.6
IV	22.7	11—54	30.8	2R. 72—86	35.7	14.0
VII	41.5	1—22	66.7	131—140	60.7	4.3
IX	24.7	1—54	54.4	2R. 291—300	120.3	27.7
X	15.4	1—23	32.1	40—42	108.3	4.8

Die maximale Zunahme der Nierenblutmenge in Procenten des ursprünglichen mittleren Minutvolumens schwankt hier zwischen 35.7 (Versuch IV) und 257.5 % (Versuch II) und auch hier kann sie in keinem Verhältniss zu der Vermehrung der Gesamt-Blutmenge des Körpers gebracht werden, wie aus der letzten Spalte der Tabelle ohne Weiteres hervorgeht.

Unter dem Einfluss der transfundierten Stoffe strömt also eine sehr beträchtliche Blutmenge durch die Niere. Um die Grösse dieser Durchblutung recht deutlich zu zeigen, haben wir die bei unseren Versuchen beobachteten maximalen Werthe der minutlichen Nierenblutmenge in Procenten des Gewichts der Niere berechnet, und zwar mit dem folgenden Resultate:

Ver- such	Das Gewicht des Thieres	Das Gewicht der rechten Niere	Maximale durchge- strömte Blut- menge pro 1 Min.	Blut- menge in Proc. des Gewicht. der Niere	Die betreffende Periode des Versuches
	kg	g	ccm		
I	10.8	33	30.7	93.0	251—260
II	6.8	19	22.6	120.0	157—165
IV	14.4	42	30.8	73.3	Reihe 2: 72—86
(VI	24.0	67.5	30.6	45.8	1—5)
VII	19.2	47.5	66.7	140.4	131—140
(VIII	22.6	64	62.5	97.7	21—30)
IX	17.5	55	54.4	98.9	Reihe 2: 291—300
X	26.5	64	32.1	52.2	40—42

Pro 1 Minute fliesst also durch die Niere unter dem Einfluss harntreibender Mittel eine Blutmenge, welche 52.2—140.4 % des Ge-

wichts der Niere beträgt. Im Mittel der Versuche I, II, IV, VII, IX und X — die einzigen, bei welchen harntreibende Mittel zur Verwendung gelangt sind — beträgt diese Menge 96.3 % des Nierengewichts. Wenn wir bei der Berechnung des Mittels auch die Versuche VI und VIII, wo keine Transfusion stattgefunden hat, mitnehmen, so wird das Mittel der minutlichen Blutmenge 90.2 % des Nierengewichts.

Es ist von Interesse, diese Werthe mit den von Munk an ausgeschnittenen Nieren erhaltenen zu vergleichen. Der von Munk benutzte Durchströmungsdruck war grösser als der Seitendruck der Nierenarterie bei allen unseren Versuchen und betrug immer mehr als 100 mm Hg. Daraus sollte man sich natürlich, *ceteris paribus*, eine grössere Strömungsgeschwindigkeit bei seinen Versuchen erwarten.

Munk hat keine Angaben über das Gewicht der von ihm benutzten Nieren mitgetheilt, sondern nur das Gewicht seiner Versuchsthiere angegeben. Um daraus das Nierengewicht herzuleiten, haben wir nach unseren Beobachtungen die Verhältnisszahl zwischen dem Nieren- und dem Körpergewicht berechnet. Wir erhielten

Versuch	Niere
	Körpergewicht
I	$\frac{1}{327}$
IV	$\frac{1}{343}$
VI	$\frac{1}{356}$
VII	$\frac{1}{404}$
VIII	$\frac{1}{353}$
IX	$\frac{1}{319}$
X	$\frac{1}{414}$
Mittel	$\frac{1}{359}$

Wir schätzen daher in den Versuchen Munk's das Nierengewicht zu  $\frac{1}{359}$  des Körpergewichtes.

Die meisten Angaben Munk's über die Menge des durchströmenden Blutes sind in Tropfen angeführt. Wir haben sie in ccm umgerechnet unter der Annahme dass 1 ccm 8 Tropfen entspricht. Wir haben angenommen, dass die Tropfen so gross waren, damit die Werthe Munk's so gross wie möglich sein würden.

In der folgenden Tabelle folgt eine Zusammenstellung dieser Berechnungen.

## Die Versuche J. Munk's an überlebenden Nieren.

Ver- such	Gewicht des Thieres	Gewicht der Niere <sup>1</sup>	Maximale Blut- menge pr. 1 Min. <sup>2</sup>	Blutmenge in Proc. d. Gewichtes der Niere	Seite im <i>Archiv f. pathol. Anatomie</i> CVII
	kg	gm	ccm		
XIV	8.0	22.2	9.8	44.6	334
XII	8.8	24.5	14.5	59.2	343
VIII	10.0	27.8	24.5	88.2	308
XXI	10.0	27.8	16.0	57.6	329
X	10.5	29.2	15.8	54.1	325
XIX	11.5	31.9	25.5	80.0	323
XIII	12.3	34.2	22.0	64.3	338
VII	13.0	36.1	18.5	51.2	329
XVII	16.0	44.4	12.6	28.4	316
XXXI	16.0	44.4	27.0	60.8	327
XXX	19.0	52.8	22.9	43.4	340
XI	21.0	58.5	29.0	49.6	331
XV	21.0	58.5	22.0	37.6	337
XXVI	22.0	61.1	13.4	21.9	348
XXVII	24.0	66.7	17.4	26.2	341
Mittel	—	—	—	51.1	—

Die angeführten Zahlen stellen die von Munk bei jedem Versuche gefundenen Maxima dar, jedoch sind sie in der Regel viel kleiner als die von uns beim normalen Kreislauf beobachteten, trotzdem der Durchströmungsdruck bei Munk grösser war und die Tropfen so gross wie möglich geschätzt worden sind.

Dasselbe geht auch aus einem Vergleich der während einer längeren Zeit durch die Niere strömenden Blutmengen in Munk's und in unseren Versuchen hervor.

Bei einigen Versuchen hat Munk angegeben eine wie grosse Blutmenge (in ccm) während einer längeren Zeit (30—60 Min. und länger) durch die Niere geströmt ist. Wir haben den für jeden Versuch angegebenen maximalen Werth für die folgende Zusammenstellung benutzt.

<sup>1</sup> =  $\frac{1}{360}$  des Körpergewichtes.

<sup>2</sup> 1 ccm = 8 Tropfen.

## Die Versuche Munk's an überlebenden Nieren:

Ver- such	Beob- achtungs- dauer	Maximale durchge- strömte Blut- menge	Pro 1 Stunde	Gewicht der Niere	Blut- menge pro 1 <sup>st</sup> : Nieren- gewicht	Seite
	Min.	ccm	ccm	g		
VIII	60	740	740	27.8	26.6	307 <sup>1</sup>
XIX	60	680	680	31.9	21.3	323 <sup>1</sup>
XIII	30	340	680	34.2	19.9	338 <sup>1</sup>
XVII	60	497	497	44.4	11.2	316 <sup>1</sup>
XI	75	1790	1434	58.5	24.5	331 <sup>1</sup>
XV	120	1035	518	58.5	8.9	337 <sup>1</sup>
b:1 <sup>3</sup>	5	102	1224	66.7	18.3	438 <sup>2</sup>
2	240	3220	805	66.7	12.1	438 <sup>2</sup>
a:1	5	110	1320	83.3	15.8	437 <sup>2</sup>
2	225	4800	1280	83.3	15.4	437 <sup>2</sup>
Mittel <sup>4</sup>	—	—	—	—	18.3	—

Andererseits haben wir die ganze in jedem unserer Versuche durch die Niere geströmte Blutmenge zur Berechnung eines stündlichen Mittels für den betreffenden Versuch benutzt. Die Ergebnisse dieser Berechnung folgen auf nächster Seite.

Auch wenn wir die gesammte während der ganzen Dauer des Versuches beobachtete Blutmenge, welche die Niere durchströmt, berücksichtigen, finden wir bei unseren Versuchen beträchtlich höhere Werthe als die von Munk an der ausgeschnittenen Niere beobachteten. Dies lehrt uns wie ausgiebiger die normale Durchblutung des betreffenden Organes ist und wie vorsichtig man sein muss, wenn man aus Versuchen an künstlich durchbluteten Organen Schlüsse hinsichtlich der quantitativen Verhältnisse im Leben ziehen will. Diese Bemerkung trifft übrigens die Versuche Munk's gar nicht, denn sie bezweckten ja nicht absolute Werthe festzustellen, sondern nur die durch den Einfluss harntreibender Mittel bedingten Schwankungen des Widerstandes der Nierengefäße nachzuweisen.

<sup>1</sup> J. Munk, *Arch. f. pathol. Anatomie*. CVII.

<sup>2</sup> J. Munk, *ib.* CXI.

<sup>3</sup> Die Niere war Tag zuvor ausgeschnitten worden und hatte 24 Stunden bei 0° C. im Eisschrank gelegen.

<sup>4</sup> Bei der Berechnung des Mittels sind die Beobachtungen a:2 und b:2 fortgelassen worden.



Ver- such	Beob- achtungs- dauer	Durchge- strömte Blut- menge	Pro 1 Stunde	Gewicht der Niere	Blut- menge pro 1 <sup>st</sup> : Nieren- gewicht
	Min.	ccm	ccm	g	
I	40	800.0	1200	33	36.4
II	30	437.5	875	19	46.0
IV : 1	31.3	737.5	1416	42	33.6
2	26.3	652.5	1488	42	35.4
1—2	57.6	1390.0	1446	42	34.4
VI	1.5	37.5	1512	67.5	22.4
VII	29.3	1475.0	3018	47.5	63.5
VIII	3.3	150.0	2730	64	42.8
IX : 1	18.1	557.5	1848	55	33.6
2	25.2	975.0	2322	55	42.2
3	8.5	325.0	2292	55	41.7
1—3	51.8	1857.5	2154	55	39.2
X	6.3	127.5	1212	64	18.9
Mittel <sup>1</sup>	—	—	—	—	38.0
Mittel der Versuche I, II, IV, VII und IX					43.9

### Fünftes Capitel.

#### Der Seitendruck und die Geschwindigkeit des Blutes in der Nierenarterie.

Da bei unseren Versuchen die pro 1 Minute durch die Niere strömende Blutmenge sehr grosse Schwankungen darbietet, haben wir hier ein ausgiebiges Material, um die durch directe Versuche noch sehr wenig studirte Frage von den gegenseitigen Beziehungen des Seitendruckes und der Geschwindigkeit des Blutes in peripheren Arterien zu erörtern.

Wenn ein Gefäßgebiet durch Erschlaffung seiner Gefässe erweitert wird, so wird, unter sonst gleichen Umständen, natürlich mehr Blut als früher dorthin strömen. Wie sich der Seitendruck dabei verhält, ist aber damit nicht entschieden. Im allgemeinen wird man jedoch voraussetzen können, dass wenn keine anderen Gefäßgebiete in genügendem Grade verdrängt werden, der Seitendruck in der zuführenden Arterie des betreffenden Organes abnehmen soll. Wenn aber in einem Gefäßgebiet die Gefässe erweitert werden und zu gleicher Zeit ein

<sup>1</sup> Bei der Berechnung des Gesamtmittels sind für die Versuche IV u. IX die mittleren Werthe der bei denselben beobachteten Blutmengen benutzt worden.

grösseres Gefässgebiet verengert wird, so kann trotz der Gefässerweiterung der Seitendruck in jenem steigen. Dieses gilt besonders in dem Falle, dass zu gleicher Zeit der Aortendruck zunimmt.

Um die gegenseitigen Beziehungen der durch die Niere strömenden Blutmenge, des Carotis-(Aorta-)Druckes und des Druckes in der Nierenarterie übersichtlich darzustellen, haben wir in der beigelegten Tafel II die Ergebnisse unserer Messungen graphisch dargestellt. Die Zahlen der Abscisse bezeichnen die erste Periode des betreffenden Abschnittes der Versuche. Auf diese sind als Ordinaten die dem betreffenden Abschnitte zugehörigen mittleren Werthe der Blutmenge pro 1 Minute, sowie des Carotis- und Nierenarteriendruckes aufgetragen. 1<sup>mm</sup> der Ordinaten bedeutet eine minutliche Blutmenge von 1<sup>ccm</sup>, bezw. einen Blutdruck von 3<sup>mm</sup> Hg.

**Versuch I.** Manometer nur mit dem centralen Ende der Nierenarterie verbunden. In Folge von Erstickung erhebt sich der Blutdruck Per. 27—31 sehr beträchtlich, während zu derselben Zeit die Nierenblutmenge erheblich herabsinkt. Durch die Transfusionen (Per. 58, 111 und 221) nimmt die Nierenblutmenge zu. Nach den ersten und zweiten Transfusionen steigt auch der Blutdruck etwas. Auch nach der dritten Transfusion (Per. 221) steigt der Blutdruck, aber nur viel weniger als die Nierenblutmenge.

**Versuch II.** Manometer in Carotis und dem peripheren Ende der Nierenarterie. Durch die drei Transfusionen nehmen sowohl die Nierenblutmenge als auch der Druck in A. carotis und A. renalis zu. Die beiden letzteren Curven verlaufen während des ganzen Versuches einander fast parallel. Bei diesem Versuch ist von Anfang an der Blutdruck sehr niedrig gewesen.

**Versuch IV.** Erste Reihe. Die beiden Manometer verlaufen die ganze Zeit einander ganz parallel. Die Nierenblutmenge nimmt im Anfang des Versuches (Per. 1—20) continuirlich zu, während der Blutdruck nur sehr wenig schwankt. Nach der Coffeininjection (Per. 55—60) stellt sich bei fast constantem Druck eine weitere Zunahme der Nierenblutmenge dar. Durch die Erstickung (Per. 186—194) erhebt sich der Blutdruck beträchtlich, während die Nierenblutmenge ebenso beträchtlich abnimmt.

**Zweite Reihe.** Durch die Transfusionen von Kochsalzlösung wird die Nierenblutmenge beträchtlich in die Höhe getrieben. Der Blutdruck schwankt ganz in demselben Sinne, obwohl diese Schwankungen viel kleiner als die der Nierenblutmenge sind.

Bei diesen drei Versuchen stellt sich also, trotz der durch die harntreibenden Mittel bedingten Erweiterung der Nierengefässe, der Nierenblutdruck entweder ziemlich unverändert oder sogar erhöht dar. Zu gleicher Zeit und parallel damit hat auch der Carotisdruk, also der allgemeine Blutdruck, zugenommen. Dies kann entweder von einer Verengung irgend eines Gefässgebietes oder auch, was, angesichts des niedrigen Druckes vor der Transfusion, wohl am Wahrscheinlichsten ist, von der Zunahme der Blutmenge des Körpers bedingt sein. Jeden-

falls zeigt sich die Zunahme des Blutdruckes kleiner als die der Blutströmung zu der Niere.

Bei den übrigen Versuchen begegnen wir im Gegentheil einer Abnahme des Nierenblutdruckes bei gleichzeitiger Zunahme der Nierenblutmenge. Der vor der Transfusion stattfindende Aortendruck ist hier beträchtlich höher als bei den eben besprochenen Versuchen und die Transfusion übt im allgemeinen nur eine ganz unbedeutende Wirkung auf den allgemeinen Blutdruck aus.

Versuch VII. Nach der ersten Transfusion (Per. 23—24) steigt die Nierenblutmenge sehr beträchtlich, während der Nierenblutdruck herabsinkt. Bei der zweiten Transfusion (Per. 84—88) stellt sich zuerst eine Zunahme der Nierenblutmenge dar, welche von einer Abnahme des Nierenarteriendruckes begleitet wird. Darnach folgt (Per. 89—111) eine Abnahme der Nierenblutmenge bei gleichzeitiger Abnahme des Druckes. Später begegnen wir einer bedeutenden Vermehrung der Nierenblutmenge bei fast constantem Druck (Per. 111—160). In den Perioden 161—171 finden wir wiederum eine Abnahme der Nierenblutmenge bei Zunahme des Nierenarteriendruckes. Die dritte Transfusion (Periode 228—230) zeigt ganz dieselben Verhältnisse wie die zweite. Nach der vierten Transfusion (Per. 384—387) beobachten wir wiederum eine Zunahme der Nierenblutmenge bei constantem oder abnehmendem Nierenarteriendruck (Periode 388—401). Nach der fünften und sechsten Transfusion (Per. 420—421, 529—532) sehen wir eine kleine Zunahme des Nierenarteriendruckes und eine starke der Nierenblutmenge. Im allgemeinen variirt der Druck in Carotis und in der Nierenarterie während des ganzen Versuches verhältnissmässig wenig, wenn wir von den Perioden mit Erstickung absehen.

Versuch VIII. Bei diesem Versuche finden wir in der schönsten Weise die Thatsache dargestellt, dass bei starker Gefässerweiterung, *ceteris paribus*, der Blutdruck in der zuführenden Arterie bei fast unverändertem Aortendruck abnimmt.

Versuch IX. Während der ganzen Dauer der ersten Reihe bewegen sich die Curven der Nierenblutmenge und des Nierenarteriendruckes in entgegengesetzter Richtung. Dasselbe gilt auch im grossen Ganzen von der zweiten und der dritten Reihe.

Versuch X. Während der Perioden 1—23 bewegen sich die Curven der Nierenblutmenge und des Nierenarteriendruckes in entgegengesetzter Richtung. Dabei ist der Aortendruck constant. Bei den Transfusionen stellen sich Schwankungen dar, welche zum Theil von den gleichzeitigen Schwankungen des Aortendruckes bedingt sind. Im grossen Ganzen finden wir aber auch hier beim Steigen des Nierenarteriendruckes eine Abnahme der Nierenblutmenge.

Diese Versuche lehren uns also, dass bei genügend hohem Aortendruck der Nierenarteriendruck bei starker Erweiterung der Nierengefässe abnimmt, trotz der grossen Zunahme der durch die Niere strömenden Blutmenge.

## Sechstes Capitel.

**Die Nierencirculation in ihren Beziehungen zum gesammten Kreisläufe.**

Wie wir schon bemerkt haben, liegt es nahe, vorauszusetzen, dass die Niere Grund ihrer Aufgabe, die stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte aus dem Körper zu entfernen, eine grössere Blutmenge erhält, als sie an und für sich nöthig hätte. Es erübrigt, zu untersuchen, in wie fern diese Voraussetzung durch die vorliegenden Versuche bestätigt wird oder nicht.

Bei der Erörterung dieser Frage ist es im ersten Raume nothwendig zu discutiren, ob es aus diesen Versuchen, bei welchen ja eine grosse Zahl Nierenerven durchschnitten waren, in der That berechtigt ist, Schlüsse in Bezug auf die normale Durchblutung der Niere zu ziehen.

Wir geben es gleich zu, dass die vor der Transfusion harntreibender Mittel erhaltenen Werthe für die normalen Verhältnisse nicht massgebend sind.

Ganz anders aber nach der Eingiessung der genannten Mittel. Die Nierengefässe sind nicht vollständig gelähmt, denn unter Einwirkung gewisser im Blute befindlicher Stoffe können sie sich in einem sehr erheblichen Grade erweitern. Unserer Vorstellung nach muss aber auch bei völlig unversehrten Nerven, also unter ganz normalen Verhältnissen, dasselbe der Fall sein. Gleichgültig ob die Niere entnervt ist oder nicht, wird eine Zunahme des Gehaltes des Blutes an harntreibenden Mitteln durch deren directe Wirkung auf die Nierengefässe (bezw. die intrarenalen nervösen Bildungen) eine Erweiterung derselben zuwegebringen. Es scheint uns daher, dass unsere nach Transfusion der genannten Stoffe ermittelten Zahlen für die Durchblutung der Niere auch für den völlig normalen Kreislauf nicht zu gross sind, wenn eine entsprechende Menge harntreibender Stoffe dem Körper einverleibt wird.

Wir haben schon gezeigt, dass die Zunahme der Füllung der Gefässhöhle im allgemeinen keine erhebliche gewesen ist, auch wenn wir voraussetzen, dass die gesammte transfundirte Flüssigkeit im Gefässsystem wirklich geblieben ist. Es fragt sich aber, ob nicht die Menge der injicirten harntreibenden Stoffe an und für sich im Verhältniss zum Gehalt des Blutes an derartigen Stoffen viel zu gross gewesen ist.

Um diese Frage zu beantworten, haben wir den Gehalt des Blutes an den betreffenden Stoffen pro 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht berechnet, um die

so gefundenen Zahlen mit den Dosen derselben Mittel, welche in der medicinischen Praxis verwendet werden, vergleichen zu können. Unsere Berechnungen haben Folgendes ergeben:

Ver- such	Nr. der Trans- fusion	Periode	Injicirtes Mittel	Menge; g:		Körper- gewicht	Diureticum pro 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht
				Bei der betreffen- den Transfus.	Summe aller Trans- fusion.		
I	1	58—60	NaNO <sub>3</sub>	0.9	—	kg	g
	2	112—114	„	0.9	1.8	10.8	0.083
	3	221—225	„	0.9	2.7		0.167
II	1	24—27	NaNO <sub>3</sub>	0.9	—	6.8	0.250
	2	53—54	„	0.9	1.8		0.132
	3	102—106	„	0.9	2.7		0.264
IV, R. 1	1	55—56	Coffein	0.1	—	14.4	0.397
	2	246—250	„	0.1	0.2		0.007
R. 2	1	12—23	NaCl	0.17	—	14.4	0.014
	2	29—34	„	0.18	0.35		0.012
	3	48—62	„	0.21	0.56		0.024
	4	72—86	„	0.18	0.74		0.039
	5	199—230	NaNO <sub>3</sub>	0.9	—		0.051
VII	1	23—24	NaNO <sub>3</sub>	0.56	—	19.2	0.063 (NaNO <sub>3</sub> allein)
	2	84—88	„	0.6	1.16		0.029
	3	228—230	„	0.56	1.72		0.060
	4	384—387	„	0.6	2.32		0.090
	5	420—421	„	0.6	2.92		0.121
	6	529—532	Coffein	0.05	—		0.152
X, R. 1	1	55—56	NaNO <sub>3</sub>	0.6	—	17.5	0.003 (Coffein allein)
	2	68—71	„	0.6	1.2		0.034
	3	123—126	„	0.6	1.8		0.068
	4	167—170	„	0.6	2.4		0.103
R. 2	1	18—20	„	0.6	3.0	17.5	0.137
	2	54—57	„	0.6	3.6		0.171
X	1	24—28	NaCl	0.18	—	26.5	0.206
	2	34—37	„	0.18	0.36		0.171
	3	40—42	„	0.18	0.54		0.014
	4	47—49	„	0.18	0.72		0.020

Die Dosis von  $\text{NaNO}_3$  wird für den erwachsenen Menschen zu etwa 0.5—2.0 $\text{g}$  angegeben. Dies beträgt, wenn Körpergewicht = 70 $\text{kg}$ , pro 1 $\text{kg}$  0.007—0.029 $\text{g}$ . Bei den meisten unserer Versuche ist diese Dosis überschritten, aber bei dem Versuch VII, Transfusion Nr. 1, hat die zugeführte Menge davon eben diesen Werth erreicht.

In diesem Versuche steigt aber nach dieser ersten Transfusion (Per. 23—24) die Nierenblutmenge bis zu einem Maximum von 60.0 $\text{cm}^3$  (Per. 71—80) pro 1 Min., was in Proc. des Nierengewichtes 126.5 beträgt. Durch die folgenden Transfusionen wird die Nierenblutmenge nur unerheblich mehr gesteigert: das Maximum, welches nach der 2. Transfusion erscheint, ist hier 66.7 $\text{cm}^3$  (= 140.4% des Nierengewichtes; Per. 131—140). Wir bemerken, dass bei keinem anderen Versuche die minutliche Nierenblutmenge einen höheren Werth als 120% des Nierengewichtes erreicht hat (vgl. S. 268).

Wir schliessen daraus, dass eine Dosis von  $\text{NaNO}_3$ , welche die in der medicinischen Praxis beim Menschen benutzte nicht übersteigt, eine sehr bedeutende Gefässerweiterung hervorbringt, und folgern daraus, dass auch bei unseren übrigen Versuchen mit diesem Mittel die starke Durchblutung der Niere nicht als abnorm hoch aufzufassen ist, wenn es die Einwirkung harntreibender Mittel betrifft.

Uebrigens lehrt die Erfahrung, dass die nach einer Transfusion stattfindende Gefässerweiterung allmählich zurückgeht, um bei erneuerter Transfusion wieder zu erscheinen, dass das einmal injicirte Diureticum entweder aus dem Blute bald entfernt wird, oder dass ihre Wirkung keine anhaltende ist. In beiden Fällen wird der Einfluss desselben auf die Nierencirculation im Wesentlichen von der jedesmal injicirten Menge, und nicht von der Summe des während der ganzen Versuchsdauer zugeführten Quantität abhängig sein. Dadurch wird der Schluss, dass unsere Werthe auch für normale Verhältnisse gültig sind, noch weiter bestätigt.

Bei der Transfusion physiologischer Kochsalzlösung haben die Thiere nur wenig  $\text{NaCl}$  erhalten. Nach Munk beträgt der  $\text{NaCl}$ -Gehalt des Hundeserums im Mittel etwa 0.58%, der des Serums an und für sich 0.78%.<sup>1</sup> Im Versuch IV war also die  $\text{NaCl}$ -Menge des Gesamtblutes, wenn die Blutmenge zu 7% des Körpergewichtes geschätzt wird, etwa 5.8 $\text{g}$ . Durch die  $\text{NaCl}$ -Transfusionen wurde sie bis zu 6.54, also um 12.7%, gesteigert. Im Versuch X betrug die in derselben Weise berechnete totale Kochsalzmenge des Gesamtblutes 11.8 $\text{g}$ .

<sup>1</sup> Munk, *Archiv f. pathol. Anat.* CVII. S. 309. 1887.

Diese wird durch die Transfusionen auf 12·52%, also um 6·1%, erhöht. Die Zunahme des Kochsalzgehaltes ist also keine bedeutende. Auch die gleichzeitige Zunahme der absoluten Blutmenge ist hier keine grosse, im Versuche IV 13·2%, im Versuch X 6·5%. Dabei finden wir aber die minutliche Blutmenge im Versuch: IV 30·8<sup>ccm</sup> (Reihe 2, Per. 72—86), 73·3% des Nierengewichtes entsprechend, und im Versuche X: 32·1<sup>ccm</sup> (= 52·2% des Nierengewichtes, Per. 40—42).

Wir können also behaupten, dass die von uns bei Zufuhr von harntreibenden Mitteln beobachteten Blutmengen, welche pro 1 Min. die Niere passiren, aller Wahrscheinlichkeit nach etwa denjenigen Blutmengen entsprechen, welche bei normalen Verhältnissen unter der Einwirkung dieser Stoffe in nicht toxischen Dosen zu der Niere strömen.

Das Mittel der Maxima derjenigen Versuche, bei welchen Diuretica transfundirt worden sind, beträgt pro 1 Minute 96·3% des Nierengewichtes. Das Minimum ist 52·2%, das Maximum 140·4%. In Bezug auf jenes muss doch bemerkt werden, dass der betreffende Versuch (Versuch X) sehr bald nach der letzten Transfusion unterbrochen wurde, und dass wir, nach den anderen Versuchen zu urtheilen, bei noch länger fortgesetzter Beobachtungszeit eine viel stärkere Durchblutung hätten erwarten können.

Unter dem Einfluss harntreibender Mittel erhält die Niere also minutlich etwa ihr gleiches Gewicht Blut. Dies bezeugt, dass die Niere, wenn grosse Anforderungen an ihre Leistungsfähigkeit gestellt werden, in der That ausserordentlich reichlich durchblutet wird.

Nehmen wir nach der Berechnung Vierordt's an, dass beim Hund die pro 1 Secunde aus dem linken Herzen herausgetriebene Blutmenge 0·00454 des Körpergewichts beträgt<sup>1</sup> — was pro 1 Minute 0·2724 des Körpergewichts (= 27·24%) ausmacht — so erhalten die Nieren unter dem Einfluss harntreibender Mittel im Verhältniss zu ihrem Gewicht nicht weniger als gegen 4 mal so viel Blut als die übrigen Organe, welche dem grossen Kreislauf angehören.

Diese Zahl von Vierordt ist aber entschieden zu hoch. Nach directen Messungen an Kaninchen beträgt das Minutvolumen im Mittel nur 5·1% des Körpergewichtes.<sup>2</sup> Wenn dies auch für Hunde gültig wäre — was wir aber nicht behaupten wollen — so würden

<sup>1</sup> Vierordt, *Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes*. Frankfurt a. M. 1858. S. 125.

<sup>2</sup> Tigerstedt, *Dieses Archiv*. Bd. III. S. 233. 1891.

die Nieren verhältnissmässig etwa 19 mal so viel Blut als die übrigen Organe des Körpers erhalten.

Nach den Messungen Stolnikow's am vereinfachten Kreislauf beträgt das Mittel sämmtlicher an den verschiedenen Versuchsthieren (Hunden) beobachteten Maxima des Minutvolumens des linken Herzens 9.6 % des Körpergewichtes.<sup>1</sup> Die Blutzufuhr zu der Niere bei kräftiger Diurese würde also verhältnissmässig 10 mal grösser, als die zu den übrigen Organen sein.

Wir werden für das Minutvolumen des Hundeherzens die Zahl von Stolnikow als Grundlage unserer Betrachtungen anwenden, denn obgleich dieselbe, angesichts der von Stolnikow eingehaltenen Versuchsbedingungen, aller Wahrscheinlichkeit nach zu hoch ist, stellt sie jedoch die einzige, durch directe Beobachtungen gewonnene, hierauf bezügliche Zahlenangabe dar. Bei einem Hund von 10<sup>kg</sup> Körpergewicht würde also das linke Herz pro 1 Minute 960<sup>ccm</sup> Blut in die Gefässe heraustreiben. Die beiden Nieren dieses Thieres wiegen zusammen  $\frac{2}{360}$  Theile des Körpergewichtes (vgl. oben S. 269), d. h. 55.6<sup>g</sup>. Bei starker Diurese erhalten sie pro 1 Minute im Mittel etwa 96 % ihres Gewichtes Blut, was 53.4<sup>ccm</sup> beträgt. Von der ganzen Blutmenge, welche das linke Herz pro 1 Minute in die Gefässe heraustreibt, erhalten die beiden Nieren also 5.6 %, während ihr Gewicht nur 0.56 % des Körpers beträgt.

Wenn wir annehmen, dass das Gewicht der beiden Nieren eines erwachsenen Menschen  $\frac{1}{300}$  seines Körpergewichtes (Heidenhain) betrage, was für ein Körpergewicht von 70<sup>kg</sup> 350<sup>g</sup> entspricht, so würden sie also bei reichlicher Diurese pro 1 Minute etwa 336<sup>ccm</sup> Blut erhalten. Dies beträgt pro 24 Stunden etwa 480<sup>kg</sup> Blut.

Wenn auch diese Berechnung nur als eine ganz approximative bezeichnet werden muss, so geht jedoch aus derselben jedenfalls die Thatsache hervor, dass die Nieren wenigstens bei starker Diurese eine viel grössere Blutzufuhr erhalten, als ihr relatives Gewicht im Verhältniss zum Körpergewicht beträgt. Dies scheint uns kaum aus irgend einem anderen Gesichtspunkte erklärt werden zu können, als daraus, dass die Nieren für die Oekonomie des Gesamtkörpers die Aufgabe haben, die in anderen Organen gebildeten Stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte aus dem Körper zu entfernen.

Mit dieser reichlichen Durchblutung steht auch die überaus grosse Empfindlichkeit der Niere für Störungen der Blutzufuhr im Zusammenhang. Es giebt keinen Theil des Körpers, welcher unseres Wissens

<sup>1</sup> Stolnikow, *Archiv f. Anat. u. Phys. Physiolog. Abth.* 1886. S. 58.



in dieser Hinsicht mit der Niere zu vergleichen wäre. Sogar nicht das centrale Nervensystem oder wenigstens gewisse Centren desselben. Wenn man durch Abklemmung der Vorhöfe den ganzen Kreislauf 3 bis 5 Minuten lang vollständig sistirt, so erhebt sich der Blutdruck nach Lösung der Klemme sehr schnell auf seine ursprüngliche Höhe wieder. Trotz der Anämie des centralen Nervensystems stellt sich also wenigstens das vasomotorische Centrum ausserordentlich bald wieder leistungsfähig dar.<sup>1</sup> Dagegen wird die Thätigkeit der Niere bis zu  $\frac{3}{4}$  Stunde aufgehoben, wenn die Nierenarterie nur  $\frac{1}{2}$  Minute lang gebunden ist. So etwas ist bisher bei keinem anderen Organ begegnet worden.

---

<sup>1</sup> Tigerstedt, *Dieses Archiv*. Bd. II. S. 394. 1890.

---

## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. II.)

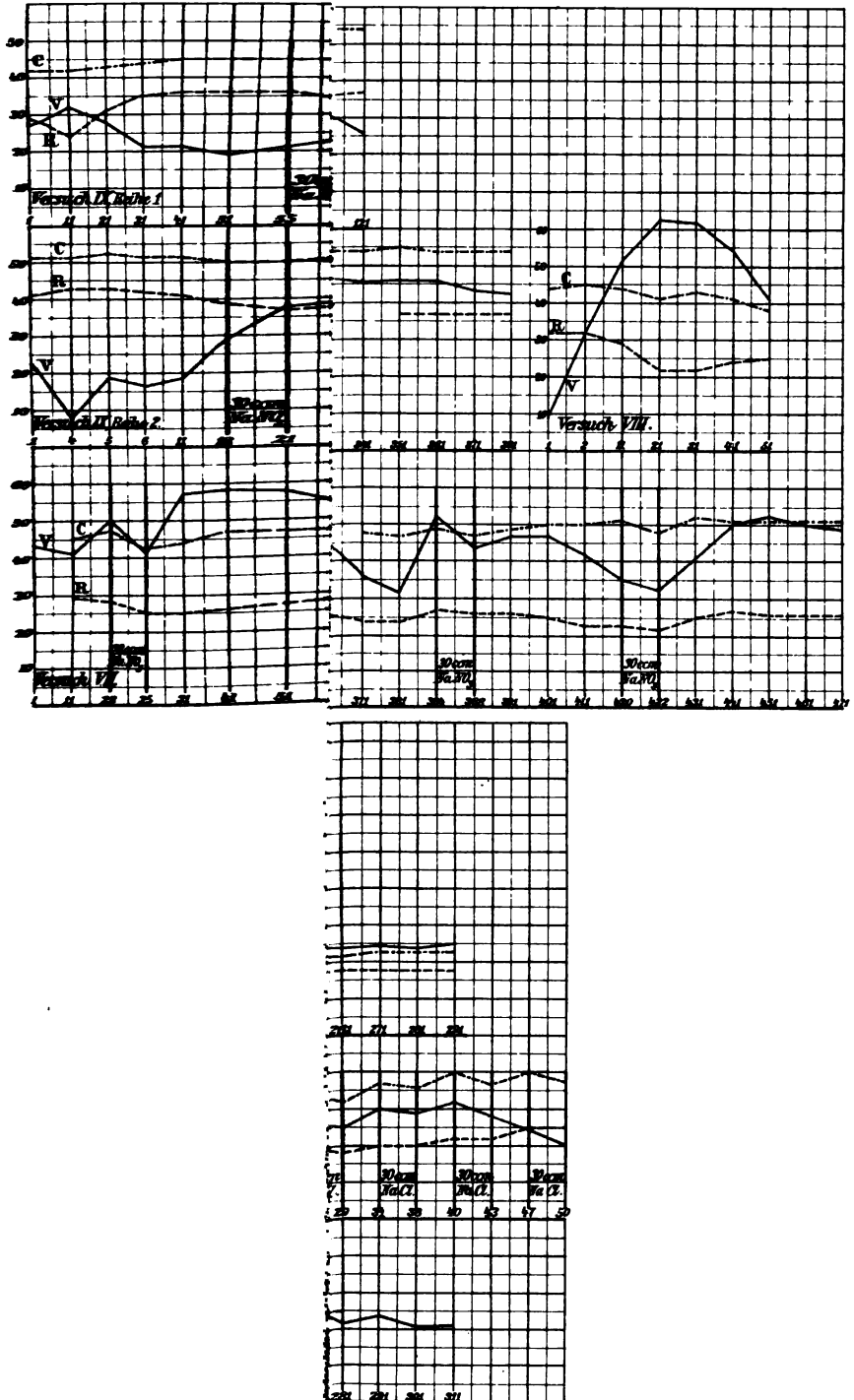
Die vollständig ausgezogene Linie *V* bezeichnet die mittlere minutliche Nierenblutmenge bei dem Abschnitte, dessen erste Periode durch die Zahl der Abscisse angegeben ist. 1<sup>mm</sup> entspricht 1<sup>ccm</sup> Blut.

Die aus Punkten und Strichen gebildete Linie *C* bezeichnet den entsprechenden mittleren Blutdruck im centralen Ende der A. carotis. 1<sup>mm</sup> bedeutet einen Druck von 3<sup>mm</sup> Hg.

Die unterbrochene Linie *R* bezeichnet den entsprechenden mittleren Blutdruck der Nierenarterie peripher von der Stromuhr. 1<sup>mm</sup> bedeutet einen Druck von 3<sup>mm</sup> Hg.

Im Versuch I bezeichnet die aus Punkten und Strichen gebildete Linie *Rc* den mittleren Blutdruck der Nierenarterie central von der Stromuhr. 1<sup>mm</sup> bedeutet einen Druck von 3<sup>mm</sup> Hg.

---





# Ueber Blendung der Netzhaut.<sup>1</sup>

Von

J. Widmark.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. III u. IV.)

---

Vor einiger Zeit wurde ich von einem 14jährigen Mädchen consultirt, welches auf dem rechten Auge an einem centralen Scotom litt, das sich subjectiv wie ein leichter Schleier über dem fixirten Gegenstande zeigte. Das Scotom war entstanden, nachdem es vor drei Jahren einmal aus Unverstand die Sonne mit unbewaffnetem Auge anhaltend betrachtet hatte.

Bei der Untersuchung fand ich die Sehschärfe fast normal, d. h. Patientin las mühsam die oberste Reihe auf Monoyers Tafel in einer Entfernung von 5<sup>m</sup> und Jäger 1 in der Nähe. Der Augenspiegel zeigte keine Veränderungen. Das Gesichtsfeld hatte die gewöhnliche Ausdehnung, in dessen Mitte aber war ein absolutes Scotom, welches 5° unterhalb des Fixationspunktes begann und sich ungefähr 15° erstreckte.

Aehnliche Fälle begegnen uns in der Litteratur bekanntlich nicht so selten. Schon die Alten wussten, dass das directe Betrachten der Sonne bedenkliche Störungen des Sehvermögens hervorrufen konnte.

In seiner Arbeit über Augenkrankheiten theilt Mackenzie mehrere Fälle von Blendung mit. Nachdem der Augenspiegel erfunden war, beobachteten Arlt und Jäger in solchen Fällen krankhafte Veränderungen im Augengrunde. Der erste genau beschriebene Fall von Blen-

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 19. Juni 1892.

dung durch directes Sonnenlicht ist indessen folgender, welcher 1879 von Dufour mitgetheilt wurde.<sup>1</sup>

Ein junger Mann, welcher von Kindheit an auf dem linken Auge blind war, merkte unmittelbar darnach, als er den 19. Juli 1879 die Sonnenfinsterniss beobachtet hatte, auf dem rechten Auge im Centrum des Gesichtsfeldes einen dunklen Nebel. Bei der 4 Tage später stattfindenden Untersuchung wurde ein centrales Scotom beobachtet, welches der Grösse nach ungefähr der doppelten Grösse des Sonnenbildes auf der Retina entsprach. Das Gesichtsfeld war übrigens normal, die Sehschärfe dagegen auf  $\frac{1}{20}$  herabgesetzt. Mit dem Augenspiegel wurde „capillare Hyperämie i Macula lutea“ beobachtet, deren Centrum von einem scharf begrenzten, fast weissen Fleck bedeckt war.

Nach Behandlung im Dunkelmzimmer und mittels Schröpfen stieg die Sehschärfe, so dass sie nach 3 Wochen die Hälfte der normalen betrug. Bereits am elften Tage nach der Blendung waren die ophthalmoskopischen Symptome verschwunden.

In den Jahren 1882 und 1883 wurde eine Menge neuer Fälle publicirt, welche fast alle von den Sonnenfinsternissen am 17. Mai 1882 herrühren.

Haab theilt zwei Fälle mit, wo nur je ein Auge afficirt war.

Von diesen zeigte der eine zwei Tage nach der Sonnenfinsterniss auf dem afficirten Auge eine Sehschärfe von  $\frac{1}{3}$  der normalen, während die des anderen drei Tage nach der Sonnenfinsterniss  $\frac{1}{7}$  betrug. Bei beiden war ein positives centrales Scotom zu constatiren. Das ophthalmoscopische Bild zeigte keine andere Abnormität als eine leichte Vergrösserung und Formveränderung des Fovea-Reflexes, sowie eine etwas stärkere Sättigung des Retinalpigmentes in Fovea und deren nächster Umgebung. Bei beiden war im Bereiche des Scotoms eine beständig oscillirende oder radartig sich drehende Bewegung. 10 Tage nach der Blendung war die Sehschärfe auf dem erstgenannten auf  $\frac{5}{6}$  gestiegen, auf dem letzteren auf  $\frac{1}{3}$ . Bei beiden verblieb jedoch die unangenehme Bewegung im Scotom.

Emmert theilt folgenden Fall mit:<sup>2</sup>

Ein 15jähriges Mädchen hatte die Sonnenfinsterniss mit beiden Augen betrachtet. Unmittelbar darnach bemerkte sie vor jedem Auge einen dunklen begrenzten Fleck, welcher noch am 29. Juni unverändert war. Die Untersuchung an letztgenanntem Tage zeigte für das rechte Auge eine Sehschärfe von  $\frac{20}{70}$ , für das linke eine solche von  $\frac{20}{30}$ . Der Augenspiegel zeigte keine Veränderungen.

Deutschmann theilt vier von ihm und Leher beobachtete Fälle mit:<sup>3</sup>

Fall 1. Ein 17jähriger Jüngling hatte die Sonnenfinsterniss mit unbedecktem rechtem Auge beobachtet. Darnach konnte er einige Tage lang mit

<sup>1</sup> Affections rétiniennes, produites par une éclipse de soleil. *Bulletin de la Soc. méd. de la Suisse romande*. 1879. p. 321.

<sup>2</sup> *Revue médicale de la Suisse romande*. p. 395. 1882. Aug.

<sup>3</sup> *Archiv für Ophthalmologie*. XXVIII. 3. S. 241. 1882.

diesem Auge nicht ordentlich lesen, doch besserte sich dieser Zustand bald. In dessen verblieb ein ganz kleiner Fleck, welcher beim Lesen einen Theil der Buchstaben verdeckte. Die Untersuchung am 8. Juli zeigte auf dem afficirten Auge eine Sehschärfe von  $\frac{20}{30}$ , Jaeger 1, ein ganz unbedeutendes kaum nachweisbares Scotom. Die Fovea erschien als ein kleiner runder, braunrother Fleck, etwas grösser als auf der anderen Seite, und in dessen unmittelbarer Nähe ein weisslicher Reflexring, welcher sich auf dem linken Auge nicht vorfand.

Fall 2. Ein 40jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss mit einem Auge durch ein dunkelblaues Glas betrachtet, welches er übrigens eine Zeit lang doppelt hielt. Die Untersuchung fand nach 11 Tagen statt. Die Sehstörung zeigte sich in Form eines nach unten offenen Trübungsringes, sehr wenig von dem Fixationspunkte entfernt. Auch innerhalb des Ringes war eine leichte Sehstörung, welche jedoch das Lesen der feinsten Schrift gestattete; Sehschärfe =  $\frac{20}{30}$  — 20 Nr. 1. An Fovea centralis ein kleines helles Fleckchen, grösser und deutlicher als am gesunden Auge, umgeben von einem blutrothen Ringe, der in eine mehr bräunliche Zone überging.

Fall 3. Ein 24jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss durch directes Hineinblicken in die Sonne beobachtet und zog sich dadurch ein kleines centrales Scotom zu. 4 Tage darnach war die Sehschärfe  $\frac{20}{30}$  — 40 Nr. 1.

Es zeigte sich ein kleines centrales Scotom, welches doch nicht absolut war. An Fovea centralis ein kleiner lichter Fleck, umgeben von einem rothen Hof. 4 $\frac{1}{2}$  Monate nachher war die Sehschärfe =  $\frac{20}{30}$ . Mit dem Augenspiegel konnten da keine Veränderungen mehr nachgewiesen werden. Vom Scotom war nur subjectiv ein zarter, aber durchsichtiger Nebel in einem minimalen centralen Fleckchen des Gesichtsfeldes übrig.

Fall 4. Ein 25jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss mit dem rechten Auge direct betrachtet. Die nach 10 Tagen stattfindende Untersuchung ergab eine Sehschärfe von  $\frac{20}{30}$ , Nr. 1 Jaeger; ein kleines centrales Farbenscotom; in Fovea centralis einen kleinen hellen Fleck mit rothem Saum. Fünf Monate später war die Sehschärfe  $\frac{20}{30}$ , ein kleines centrales Scotom immer noch vorhanden, Macula lutea wie auf dem anderen Auge.

#### Sulzer theilt 4 Fälle mit:<sup>1</sup>

Fall 1. Eine 31jährige Dame beobachtete die Sonnenfinsterniss mit ungeschützten Augen. Seitdem bemerkte sie vor beiden Augen einen grauen Schleier oder Nebel. Die 2 Tage darnach stattfindende Untersuchung ergab auf dem rechten Auge eine Gesichtsschärfe von  $\frac{5}{6}$ , die Pupille leicht hyperämisch, leicht geröthet, Fovea centralis präsentirt sich wie eine mattgelbe bis graue Scheibe, 2—3 mal grösser als die normale Fovea und umgeben von einem dunkeln Pigmentsaume. Die Sehschärfe des linken Auges =  $\frac{5}{6}$  — 1. Macula übrigens wie auf dem rechten, nur dass die die Fovea aufnehmende Scheibe etwas kleiner und unregelmässig begrenzt ist. Ausserdem finden sich im Bereich der Macula zwei feine glänzende Punkte von demselben nur weniger breiten Pigmentsaum, einer nach oben und einer nach unten. 4 Tage später erschien die rechte Fovea wie ein blasser Punkt; auf dem rechten Auge bot die Macula dasselbe Bild, nur dass der obere weisse Punkt im Verschwinden begriffen war. Ein halbes Jahr später vollkommene Gesundheit; Sehschärfe = 1·0.

<sup>1</sup> *Klin. Mon.-Bl. für Augenheilk.* XXI. S. 129. 1883.

Fall 2. Ein 14jähriges Mädchen betrachtete die Sonnenfinsterniss mit ungeschützten Augen und sah darnach „eine leuchtende Scheibe“, welche sich dann in einen „grauen Fleck“ verwandelte. 9 Tage darnach war die Sehschärfe rechts =  $\frac{20}{30}$  — 1. Es fand sich ein kleines positives centrales Scotom vor. Fovea centralis zeigte einen starken Centralreflex, umgeben von einem rothbraunen Pigmentsaum. 6 Monate später war die Sehschärfe =  $\frac{2}{3}$  —  $\frac{5}{6}$ ; die Umgebung der Fovea centralis kaum nennenswerth trüber als links.

Fall 3. Ein 23jähriger Mann beobachtete die Sonnenfinsterniss und litt in Folge dessen an Herabsetzung der Sehschärfe des linken Auges. 20 Tage später war die Sehschärfe =  $\frac{1}{2}$ , Fovea centralis als gelbweisser Fleck sichtbar, umgeben von einem dunkelrothen Hof. Zahlreiche, feine, geschlängelte und stark gefüllte Gefässe liessen sich bis zur Macula verfolgen.

Fall 4. Ein 32jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss mit dem rechten Auge direct beobachtet und litt darnach mehrere Tage lang an heftigen Blendungserscheinungen. 4 Tage darnach bemerkte er beim Scheibenschieszen, dass er von der Schiessscheibe nur die vier Ecken sah, während der übrige Theil wie mit einem „grauen Vorhang“ bedeckt war. Bei der Untersuchung am 11. Juli war die Sehschärfe =  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{5}$ ; die Mitte der Macula lutea war von einer  $\frac{1}{8}$  Pupille grossen, graugelben Scheibe eingenommen, die wieder von einem dunkelbraunen, die ganze Macula einnehmenden Pigmenthof umrahmt war. Ein positives centrales Scotom war dazu vorhanden. 4 Monate darnach war die Sehschärfe =  $\frac{1}{3}$  —  $\frac{1}{2}$ , immer noch ein positiv centrales Scotom, doch bedeutend kleiner als vorher. In der Mitte der Macula war ein etwa etwa  $\frac{1}{3}$  Pupille breiter dunkelbrauner Pigmentfleck, in dessen Mitte der normale Centralreflex der Fovea wahrnehmbar war.

Stigell theilt in seiner Dissertation sechs Fälle mit, wovon fünf von derselben Sonnenfinsterniss herrühren.

Fall 1. Ein Medicin-Studirender sah während der Finsterniss. mehrmals einige Secunden lang mit ungeschütztem rechten Auge in die Sonne. Gleich darauf merkte er nur die gewöhnliche centrale Blendungserscheinung. Einige Zeit darauf fand er, als er mit dem rechten Auge einen bestimmten Gegenstand fixirte, dass dieser wie von einem dunklen Fleck bedeckt war. Als er 2 Tage später untersucht wurde war die Sehschärfe =  $\frac{6}{10}$ , Fovea centralis erschien als ein glänzender, heller, runder Fleck, umgeben von einem dunkelrothen Hofe, auf dem linken Auge konnte kaum eine Fovea beobachtet werden. Ein centrales Scotom konnte mit dem Perimeter nicht nachgewiesen werden, der Patient aber sah im Centrum des Gesichtsfeldes einen kleinen dunklen undurchsichtigen Fleck, innerhalb dessen er bei scharfer Fixirung lebhaft undulirende und vibrirende Bewegungen beobachtete.

Fall 2. Ein 20jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss mit dem linken Auge direct betrachtet und bemerkte kurz darauf einen dunklen Fleck in der Mitte des Sehfeldes. Den 21. Mai war die Sehschärfe =  $\frac{6}{18}$ , J. 3. In Fovea centralis war ein kleiner, glänzender, gelblicher Fleck, der gegen die dunkle Macula scharf contrastirte. Ein Scotom konnte objectiv nicht nachgewiesen werden. Den 25. Mai war der Zustand sonst unverändert, mit dem Augenspiegel aber war nunmehr kaum etwas Abnormes zu beobachten. Am 4. Juni war die Sehschärfe =  $\frac{6}{9}$ . Der Patient merkte noch einen leichten Nebel über dem fixirten Gegenstande.

Fall 3. Ein 23 jähriger Mann hatte die Sonnenfinsterniss mit unbewaffnetem rechten Auge betrachtet. Am 23. Mai war die Sehschärfe =  $\frac{6}{18}$ . Ein Scotom bestand nicht. Fovea centralis war von der übrigen Macula scharf abgegrenzt, unterschied sich aber sonst nicht von der des linken Auges.

Fall 4. Ein 27 jähriger Mann hatte mit dem linken Auge die Sonnenfinsterniss beobachtet. Am 25. Mai war die Sehschärfe =  $\frac{6}{9}$ , kein Scotom, keine Veränderungen in der Macula. Den 15. Juli war die Sehschärfe normal, und bestanden auch sonst keine Sehstörungen mehr.

Fall 5. Ein 39 jähriger Mann merkte unmittelbar nach dem Blick in die Sonne einen grauen Nebel. Am 31. Mai war die Sehschärfe =  $\frac{20}{60}$ ; ein Scotom konnte objectiv nicht nachgewiesen werden und waren auch keine ophthalmoskopischen Veränderungen sichtbar.

Fall 6. Astronom. Einige Zeit nach einer Messung der Sonnenhöhe, die zufolge störender Umstände etwas länger als gewöhnlich gedauert hatte, merkte er, trotzdem er dabei durch abblendende Gläser gut geschützt war, dennoch eine centrale Sehstörung. Die Zeilen auf der fixirten Stelle waren undeutlich und die Sehschärfe schien abgenommen zu haben. Die Untersuchung, 6 Tage darnach, zeigte auf dem rechten Auge eine Sehschärfe von  $\frac{15}{20}$ , auf dem linken eine von  $\frac{13}{40}$ — $\frac{15}{20}$ . Ein Scotom war nicht vorhanden, desgleichen auch keine anderen Veränderungen mit Ausnahme von m 4.00, sowie hintere Staphylome auf beiden Augen. Die Sehschärfe stieg allmählich unter Dunkelkur und war nach sechs Wochen auf dem rechten Auge  $\frac{16}{12}$ , auf dem linken  $\frac{15}{15}$ . Noch nach 10 Jahren bemerkte Pat. indessen recht oft beim Sehen nach einer hellen Fläche einen kleinen dunklen Fleck in der Mitte des Gesichtsfeldes.

In den meisten Fällen kommt also ein positives centrales Scotom vor. Uebrigens wechseln die Symptome nach der Intensität der Blendung. In den leichteren Fällen ist die Sehschärfe nahezu normal, und nichts Abnormes kann mit dem Augenspiegel erkannt werden. In den schwereren Fällen ist die Sehschärfe mehr oder weniger herabgesetzt, oft in sehr hohem Grade. In der Macula treten Veränderungen auf, welche meistens wie ein helles, von einem rothen oder braunrothen Saum umgebenes Fleckchen beschrieben werden. Diese Veränderungen können mitunter vollständig schwinden. Gewöhnlich bleibt doch für immer ein positives centrales Scotom, die Sehschärfe bleibt ein bischen gesunken und die Macula behält an der geblendeten Stelle eine dunklere Pigmentirung.

Aehnliche Veränderungen im Augenhintergrunde hat man auch nach Blendung mit elektrischem Bogenlicht<sup>1</sup> beobachtet.

Die Veränderungen, welche bei intensiver Blendung im Augenhintergrunde entstehen, wurden schon 1867 von Czerny experimentell studirt. Er benutzte dabei einen Hohlspiegel von 114<sup>mm</sup> Durchmesser und 192<sup>mm</sup> Brennweite, sowie eine Linse von 30<sup>mm</sup> Durchmesser und 31<sup>mm</sup>

<sup>1</sup> Vielleicht sind auch einige der Veränderungen, welche durch den Blitz im Augenhintergrund hervorgerufen werden, als eine Lichtwirkung aufzufassen.



Brennweite. Spiegel und Linse wurden so aufgestellt, dass ihre Brennpunkte zusammenfielen. Das von dem ersteren zusammengebrochene Licht wurde von dem letzteren wieder parallel gemacht, und die auf diese Weise zusammengedrängten parallelen Strahlen fielen darnach auf das atropinisierte Auge des Versuchsthieres. Dabei wurden schon nach wenigen Secunden mit dem Augenspiegel nachweisbare Herde im Augengrunde hervorgerufen. Die geblendete Stelle erfuhr dann eine Reihe Veränderungen, welche in einer circumscribten Atrophie der Retina und Chorioidea endete. Diese Veränderungen traten auch ein, als das Licht der ultrarothten Strahlen mittels Filtrirung durch ein dickes Lager von Wasser beraubt war. Wenn eine freipräparierte Chorioidea mit einem Lager von Hühnereiweiss bedeckt wurde, so ward in diesem letzteren gleichfalls ein weisser Fleck mit dem Apparate hervorgerufen. Dasselbe geschah auch in einer Netzhaut, ausgebreitet auf einem dunklen Gegenstande und bedeckt mit Glaskörperflüssigkeit. Von diesen Versuchen zog Czerny den Schluss, dass die Veränderungen auf einer Coagulation des Eiweisses beruhten. Diese wieder sollte durch eine von Absorption der leuchtenden Strahlen hervorgerufenen Wärmeproduction verursacht werden. Ich habe bei einer früheren Gelegenheit über diese Untersuchungen<sup>1</sup> berichtet und erwähne sie hier darum nur in grösster Kürze.

Im Jahre 1882 machte Deutschmann<sup>2</sup>, veranlasst durch die vier Fälle, welche er klinisch beobachtet hatte (vergl. S. 282) diese Frage wieder zum Gegenstande für experimentelle Prüfung. Er benutzte dabei dieselbe Versuchsanordnung wie Czerny und constatirte im grossen Ganzen die Befunde dieses Forschers. Eine kurze Darstellung seiner Resultate folgt unten.

Sobald die auf obengenannte Weise zusammengedrängten parallelen Sonnenstrahlen nur einige Secunden auf das atropinisierte Auge eines Kaninchens wirkten, zeigte die unmittelbar darauf gemachte Augenspiegeluntersuchung einen Netzhautherd, der eine Grösse von etwa 1—2 Pupillendiametern hatte. Das Centrum des Herdes war silberweiss, ausserhalb desselben war ein grauweisser Hof, und ausserhalb dieses ein dunkelbraunrother etwas zackiger Rand. Nach 2—3 Tagen war das Centrum hellgrau, der Rand silberweiss, der Saum schwach gelblich; bald darauf war das Centrum grauschwarz und die Peripherie weisslich mit gelbem Saum. Nachdem der Process abgelaufen war, d. h. nach höchstens 3 Wochen war ein schwarzer Fleck mit weissem, oft sehr breitem Saume übrig.

<sup>1</sup> Dieses *Archiv*. Bd. I. S. 265. *Beiträge zur Ophthalmologie*. S. 355.

<sup>2</sup> *Archiv für Ophthalmologie*. XXVIII. 3. S. 241. 1882.

Die mikroskopische Untersuchung des soeben geblendeten Auges zeigte eine Coagulation vom Eiweiss der Netzhaut. Auf dem Blendungs-herde war anstatt der Retina eine Substanz, die aus glänzenden Tropfen bestand, die hier und da zu grösseren Klumpen zusammengefloßen waren. Eine Retinalschichtung war jedoch andeutungsweise vorhanden insofern als nach Tinction mit Hämatoxylin leichte Unterschiede in der Färbungsnuance, sowie hier und da ein erhaltenes Element in einem Lager, z. B. einige äussere Körner, erkannt werden konnten.

Im grossen Ganzen war die Netzhaut zu einer mehr oder weniger structurlosen gleichmässigen Masse verwandelt. In der Umgebung des Herdes konnten die Ganglienzellen zuerst nachgewiesen werden, dann wurde die innere Körnerschicht, darauf die äusseren Körnerlager, wie auch Stäbchen und Zapfen, zuletzt die Fasern der Nervenfaserschicht gesehen. Im Pigmentepithel konnten keine deutlichen Veränderungen bemerkt werden.

In den ersten Tagen darnach kamen folgende Veränderungen vor. Anstatt der Netzhaut ein vielfaches Lager von Zellen, mit welchen das Pigmentepithel stellenweise untrennbar verschmolzen war und die wahrscheinlich Abkömmlinge des Pigmentepithels waren. Dazwischen Fettkörnchenzellen und grosse Zellenbildungen, die rothe Blutkörperchen oder Reste von solchen enthielten. Die Aderhaut an der Blendungsstelle dünn, zellenarm mit einigen Spindelzellen, welche Reste von rothen Blutkörperchen enthalten; einige wenige freie geschrumpfte Blutkörperchen; hier und da ein zartwandiges, verblasstes Capillargefäss; das Pigmentepithel stellenweise durch eine blasse, äusserst feinkörnige Masse abgehoben. Nach völligem Ablauf des Processes fand Deutschmann wie Czerny die Netzhaut auf ein dünnes Bindegewebemembran mit zahlreichen pigmentirten, oder bei Albinos gelbbraunen Zellen reducirt.

Dass Czerny und namentlich Deutschmann bei ihren Versuchsthieren eine Wärmecoagulation in der Netzhaut hervorriefen, lässt sich wohl kaum bezweifeln. Dagegen könnte man mit gutem Grunde in Frage stellen, ob dies beweist, dass die Veränderungen, welche bei Blendung durch directes Sonnenlicht auf der Netzhaut des Menschen entstehen, auf einer Wärmecoagulation beruhen. Gegen eine solche Schlussfolgerung hat Stigell<sup>1</sup> mit Fug und Recht seine Bedenken geäussert. Die Stärke des durch den Spiegel zusammengebrochenen und von der Linse wieder parallelisirten Lichtes kann auf ungefähr 14 mal grösser als die Intensität des gewöhnlichen Sonnenlichtes berechnet werden. Da überdies

<sup>1</sup> a. a. O. S. 29.

die Pupille eines atropinisirten Kaninchens wenigstens 6<sup>mm</sup> breit ist, während der Durchmesser der menschlichen Pupille bei einer so starken Reizung wie von directem Sonnenlicht wohl kaum 1<sup>mm</sup> beträgt, so fällt das im ersteren Falle durch eine 30—40 mal so grosse Oeffnung herein, wie in dem letzteren. Also wird (wenn der Umstand berücksichtigt wird, dass das Licht selbst 14 mal stärker ist) die Lichtstärke, welche die Netzhaut im ersten Falle trifft, etwa 500 mal grösser als in dem letzteren. Czerny giebt auch an, dass sein Apparat so stark wirkte, dass er leicht eine Brandblase auf der Haut hervorrief. Nimmt man aber eine sehr starke Linse und lässt directes Sonnenlicht auf dieselbe fallen und zwar durch eine Oeffnung, die nicht grösser ist als eine gewöhnliche Menschenpupille, und lässt dann den Brennpunkt auf die Haut fallen, so ruft man dadurch kaum ein Gefühl von Wärme hervor, noch weniger eine Brandblase. Es ist darum kaum denkbar, dass unter ähnlichen Verhältnissen eine Wärmecoagulation in der Netzhaut hervorgerufen werden sollte, deren Temperatur unter anderem durch die Glaskörperflüssigkeit einerseits und die lebhafte Circulation in der gefässreichen Aderhaut andererseits regulirt wird.

Bei meinen Untersuchungen über den Einfluss intensiven Lichtes auf die Krystalllinse benutzte ich unter Anderem eine hohle, mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin gefüllte gläserne Linse. Das Licht einer elektrischen Bogenlampe von 1200 Normalkerzen wurde mit dieser Linse gegen die Pupille eines atropinisirten Kaninchenauges concentrirt. Trotzdem dass die Wärmeenergie in diesem Lichte ganz unbedeutend war, rief es doch Veränderungen im Augengrunde hervor. Diese Veränderungen, welche ich in meiner früheren Abhandlung erwähnte,<sup>1</sup> habe ich darnach genauer studirt.

Bei diesen neuen Versuchen habe ich im allgemeinen den vorher beschriebenen Metalltubus von ungefähr 5<sup>cm</sup> Breite und 5—6<sup>cm</sup> Länge benutzt, in dessen beide Grundflächen eine Bergkrystalllinse von 13.5<sup>cm</sup> Brennweite eingefügt war. Der Tubus wurde vor dem Versuche mit Wasser gefüllt und so aufgestellt, dass die Bogenlampe in dem einen Focus sich befand und die stark atropinisirte Pupille des Versuchstieres in dem anderen. Die ultravioletten Strahlen wurden entweder durch eine Glasscheibe vor dem Versuchsauge oder durch einen Zusatz von 10% schwefelsaurem Chinin zum Wasser im Tubus entfernt. Alles in allem habe ich auf diese Weise 50 neue Versuche gemacht, wovon 28 mit positivem Resultat. Die Versuchszeit war gewöhnlich 4 Stunden,

---

<sup>1</sup> Vgl. dieses Archiv. Bd. III. S. 42. Beiträge zur Ophthalmologie. S. 497.

zuweilen weniger. Die kürzeste Zeit mit positivem Resultat ist 2 Stunden gewesen.<sup>1</sup>

Unmittelbar nach dem Versuche, oft erst mehrere Stunden danach, zuweilen erst am 2. oder 3. Tage, war in der Netzhaut auf der geblendeten Stelle eine Trübung zu bemerken, welche sich in den verschiedenen Fällen etwas ungleich verhielt. In den ausgeprägteren zeigte sie sich schon von Anfang an als ein graublauer oder grauweisser oft deutlich erhöhter Herd, welcher die Details in der darunter liegenden Chorioidea verbarg. In anderen Fällen dagegen zeigte sie sich Anfangs als eine graublaue diffuse Trübung, durch welche die Chorioidalgefässe hindurchschienen. In zwei Fällen, wo sich die ersten Symptome nicht früher als am dritten Tage zeigten, erschien sie als eine leichte Verschleierung, die nur bei genauem Vergleich mit der Umgebung zu erkennen war.

Die geblendete Partie erfuhr dann Veränderungen verschiedener Art, wobei man jedoch zwei Typen unterscheiden konnte, eine Scheibenform und eine Ringform. Bei der ersteren war der Herd im grossen Ganzen grauweiss; bei der letzteren dagegen war die Mitte nur etwas verschleiert, sonst aber von der normalen Farbe und dem normalen Aussehen des Augengrundes. Nur der Rand war scharf grauweiss, undurchscheinend und deutlich erhöht. Beide umgaben sich mit einer mehr ziegelrothen oder gelben Zone, auf welcher theils Pigmentkörner, theils weissliche Flecken oder Schuppen gelagert waren. Zuweilen waren die Herde mehrfach, zwei bis drei. Die Umgebung war bald normal, bald in ziemlich grosser Ausdehnung leicht getrübt oder wie beschleiert. Blutungen beobachtete ich nie.

Nach ungefähr einer Woche begannen die Veränderungen zurückzugehen, und in der dritten Woche war der Process zu Ende. Es war da gewöhnlich eine ziegelfarbene ziemlich scharf begrenzte Partie übrig mit sehr deutlichen Chorioidalgefässen und unregelmässig gelagertem Pigment nebst kleinen weisslichen schuppenartigen Flecken. In den weniger ausgeprägten Fällen waren die zurückgebliebenen Veränderungen zuweilen so unbedeutend, dass man erst bei einer sehr sorgfältigen Einstellung einen Unterschied in der Pigmentirung zwischen der Blendungsstelle und der Umgebung merken konnte. In den ausgeprägtesten dagegen waren grössere Pigmentflecke zu sehen und zwischen diesen hellere Partien, welche eine unvollständige Atrophie der Chorioidea andeuteten.

<sup>1</sup> Bei diesen Versuchen war in die untere Kohle meiner elektrischen Lampe ein Zinkstab hineingesteckt (vgl. *dieses Archiv*. Bd. III. S. 32. *Beiträge zur Ophthalmologie*. S. 485). Alle Versuche mit gewöhnlicher Kohle fielen negativ aus.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte folgende Veränderungen.

Den Tag nach dem Experimente (Taf. IV, Fig. 1, 2) war die geblendete Partie geschwollen, und bildete eine deutliche Erhöhung über die umgebende Netzhaut. Die Anschwellung war überhaupt in der Nervenfaserschicht am meisten ausgeprägt. In dieser zeigten sich die Müller'schen Stützfaseru mit grösster Deutlichkeit und gaben den Eindruck gedehnt oder wie aus der übrigen Netzhaut ausgezogen zu sein. Zwischen den Stützfaseru fanden sich grosse Hohlräume, mit kugelförmigen Bildungen theilweise ausgefüllt, denjenigen genau ähnlich, welche man oft unter normalen Verhältnissen zwischen Membrana limitans interna und hyaloidea sieht.<sup>1</sup> In vielen Präparaten konnte ich mich durch directe Vergleichung über ihre Identität überzeugen. In einigen Präparaten waren die Nervenfasern als deutliche, feine Streifen von etwas unregelmässigem, longitudinalem Verlaufe zu sehen.

Die Ganglienzellen sowie die innere und äussere moleculare Schicht waren ziemlich unverändert, ebenso die innere Körnerschicht. Dagegen war die äussere Körnerschicht angeschwollen, ihre Zellen unregelmässig gelagert. Die ganze Schicht war an der geblendeten Stelle viel schwächer gefärbt; zum Theil weil die Elemente weiter von einander lagen, aber zum Theil auch weil die Körner weniger gefärbt als in der Umgebung waren.

Während der ersten Woche wurde der Zerfall der Stäbchen und Zapfen mehr hervortretend, die Elemente der äusseren Körnerschicht spärlicher, wogegen die innere Körnerschicht und die Ganglienzellschicht ziemlich normal blieben. Die Schwellung der Nervenfaserschicht verursachte nicht selten einen Durchbruch der Membrana limitans interna. Mitunter waren auch die Müller'schen Stützfaseru abgerissen, gewöhnlich unmittelbar unter dem Fussstück. Das Pigmentepithel war oft normal, oft verändert, mitunter in hohem Grade. Die Pigmentzellen waren dann herumgeworfen und zum Theil in Zerfall, wodurch theils Pigmenthaufen, theils freie Pigmentkörner entstanden.

Nach dem Abschlusse des Processes war die Netzhaut mehr oder weniger verändert. In den gelindesten Fällen blieben alle Schichten der Netzhaut, nur waren die Stäbchen und Zäpfchen etwas verkrümmt und die äussere Körnerschicht etwas verdünnt. In den mehr ausgeprägten Fällen waren eine oder mehrere der Netzhautschichten zerstört und zwar in folgender Ordnung: erst die Stäbchen und Zäpfchen, sowie die äussere Körnerschicht, dann die Nervenfaserschicht, so das

<sup>1</sup> Vgl. Schwalbe, *Anatomie du corps vitré*. Traité complet d'ophtalmologie par L. de Wecker und E. Landolt. T. II. p. 519.

Pigmentepithel, schliesslich die innere Körnerschicht und die Ganglienzellen.

In den am meisten ausgeprägten Fällen war auch die Stützsubstanz verändert und die Netzhaut in ein schwammiges Gewebe mit eingewandertem Pigment und hier und da zurückgebliebenen Kernen umgewandelt.

Der ganze Prozess verlief ohne Reaction in der umgebenden Netzhaut.

Mitunter war auch die Aderhaut verändert. Unter der afficirten Netzhaut war sie ein wenig angeschwollen und mässig zellinfiltrirt. Nach abgelaufenem Prozesse war sie etwas verdünnt, aber im übrigen normal. Blutungen sah ich niemals, weder hier noch in der Netzhaut.<sup>1</sup>

Der ganze Process ist in der Hauptsache zu charakterisiren als ein Oedem der Netzhaut mit Nekrose ihrer nervösen Elemente.

Dass die Veränderungen, welche ich bei meinen Versuchsthieren hervorgerufen habe, mit denen identisch sind, welche bei Blendung des menschlichen Auges mittels directen Sonnenlichtes entstehen, kann ich natürlicher Weise nicht mit Bestimmtheit behaupten. Meine Experimente scheinen mir aber besser als Czerny's und Deutschmann's dazu geeignet zu sein, diesen Process bei dem Menschen zu erklären. Sie zeigen nämlich, dass Licht pathologische Veränderungen in der Netzhaut auf andere Weise hervorrufen kann als durch eine Wärme-coagulation. Das Licht von der elektrischen Bogenlampe hatte nämlich, nachdem es durch das Wasser in meinem Apparat filtrirt worden, sogar in dessen Focus eine so geringe Wärmeenergie, dass es einen empfindlichen Thermometer<sup>2</sup> nicht mehr als 5° über die Zimmerwärme steigen machte und auf der Hand kaum ein Gefühl von Wärme hervorrief. Wenn obendrein bei meinen Thierversuchen der Focus mit der Pupille zusammenfiel und die Retina also von divergentem Lichte getroffen wurde, musste ja die Wärmewirkung auf diesem Gewebe ganz unbedeutend werden.

Auch in einer anderen Beziehung geben meine Untersuchungen eine wahrscheinlichere Erklärung als Deutschmann's und Czerny's. Sie zeigen nämlich, dass die krankhafte Veränderung, wenn sie nicht

<sup>1</sup> In meiner Abhandlung: Ueber die Durchdringlichkeit der Augenmedien etc. (*dieses Archiv*. Bd. III. S. 48. *Beiträge zur Ophth.* S. 497) habe ich ein seröses Exsudat unter der Netzhaut erwähnt. Ich habe jedoch später ähnliche Bildungen mehrmals gesehen unter ganz normalen Partien der Netzhaut und glaube darum, dass es sich nur um ein Artefact handelt.

<sup>2</sup> Vgl. *dieses Archiv*. Bd. I. S. 296. *Beiträge zur Ophthalmologie*. S. 394.

zu ausgeprägt ist, zurückgehen und eine einigermaassen normale Retina hinterlassen kann.

Bei einer Wärmecoagulation dagegen wird ja das Gewebe zerstört und eine Restitutio ad integrum unmöglich.

Blendung von auch weniger intensivem Lichte als directem Sonnenlichte ist zuweilen als Ursache — obgleich kaum von grösserer Bedeutung — zu Entzündungen in Retina und Chorioidea hervorgehoben worden. Im Jahre 1888 theilte Nettleship in einem Aufsätze: „Can Overuse of the retina cause organic disease at the fundus“ 6 Fälle von krankhaften Veränderungen im Augengrunde mit, welche zum Theil nach Blendung entstanden sind. Solche Fälle sind indessen so selten, dass man sich mit gutem Grunde fragen kann, ob nicht der Lichtreiz bei diesen nur etwas zufällig Vorausgehendes vor der bald darnach ausbrechenden Krankheit gewesen ist. In dem einen und dem anderen Falle ist es jedoch schwer, den Gedanken an einen Causalzusammenhang abzuweisen. Ein solcher scheint mir z. B. bei folgendem Fall abzuwalten.

Ein 53 jähriger Mann wurde am 13. März 1891 ins Seraphimenlazareth aufgenommen. Bei ihm zeigte sich keinerlei Symptom von einem Allgemeinleiden, besonders kein Zeichen von Syphilis. Kurz vor Weihnachten war er mehrere Stunden lang in frischgefallenem Schnee bei starkem Sonnenschein spazieren gegangen. Am Abend desselben Tages bemerkte er eine Verschlechterung der Sehkraft.

Bei seiner Aufnahme ins Krankenhaus war auf beiden Augen die Papille deutlich geschwollen, grauroth und am Rande mit radialen Streifen verwischt, die in die Retina ausliefen. Hier und da in der Netzhaut, besonders in der Nähe der Papille sah man stecknadelgrosse, weisse, ziemlich scharf begrenzte Herde. Die Sehschärfe des rechten Auges war 0.2, die des linken 0.5.

In diesem Falle traten die ersten Krankheitssymptome nicht eher als mehrere Stunden nach der Blendung auf. Es ist darum von Interesse, dass in einem Theile meiner Experimente an Thieren die ersten mit dem Augenspiegel bemerkbaren Veränderungen mehrere Stunden, ja noch später nach dem Lichtreize erschienen. Es verhält sich also mit dem pathologischen Einfluss der leuchtenden Strahlen auf die Netzhaut wie mit dem Einfluss der ultravioletten Strahlen auf die vorderen Medien des Auges und auf die Haut, dass nämlich zwischen der Einwirkung des schädlichen Agens und dem Auftreten der ersten krankhaften Veränderungen eine gewisse Zeit verstreichen kann, während der das beeinflusste Gewebe nichts Abnormes zeigen kann.

Aus diesem Grunde wird man versucht, zu zweifeln, ob die Veränderungen in der Retina von der Wärmeenergie des Lichtes verursacht sind. Ich habe darum einige Untersuchungen gemacht um zu erfahren,

ob die Wirkung vorwiegend in die weniger oder mehr brechbaren Strahlen des leuchtenden Spectrums begründet sei.

Ich habe vorher erwähnt (vergl. S. 289, Note), dass die ophthalmoskopischen Veränderungen in der Netzhaut, nicht durch meine Bogenlampe hervorgerufen wurden, wenn sie mit gewöhnlichen Kohlenspitzen versehen war.<sup>1</sup> Erst wenn ich in die untere Kohle ein Zinkstäbchen einführte, erhielt ich ein positives Resultat. Man könnte darum sich vorstellen, dass die Frage durch ein Studium des Spectrums des Zinkes beantwortet werden konnte. Aber in diesem finden sich starke Linien nicht nur im blauen Felde ( $\lambda$  0.4878, 0.4865, 0.4810, 0.4721, 0.4679), sondern auch im Orange ( $\lambda$  0.6362, 0.6102, 0.6023, 0.5893) und im Gelb (0.5765, 0.5453).

Ich machte nun einige Doppelversuche mit zwei Metallstäben derselben Grösse, wie der früher beschriebenen (vgl. S. 288), in deren Grundflächen gleich starke Convexlinsen eingefügt waren. Die Anordnung war übrigens dieselbe wie in den früheren Versuchen, aber zwischen dem Tubus und dem Kaninchenauge wurde ein planparalleles Gefäss eingeführt, welches in dem einen Versuche eine gelbe Lösung von 2procentigem sauren chromsauren Kali, in dem anderen eine blaue Lösung von 2procentigem schwefelsauren Kupferoxydammoniak (wozu einige Tropfen freien Ammoniaks zugesetzt waren, um die Lösung klar zu halten) enthielt.<sup>2</sup> Die Dicke der Flüssigkeit war  $\frac{1}{2}$  cm.

In dem einen Versuche wurde also die Netzhaut von überwiegend rothen und gelben Strahlen getroffen, in dem anderen wieder von hauptsächlich blauen und violetten Strahlen. Im ersten Falle erhielt ich ein positives Resultat in zwei Versuchen von fünf, im letzteren in vier Versuchen von sechs.

Dies sollte dafür sprechen, dass die kürzesten Lichtwellen des leuchtenden Spectrums die vorwiegend wirksamen seien. Die Versuchsanordnung enthält jedoch so viele Fehlerquellen,<sup>3</sup> dass keine sicheren Schlussfolgerungen aus den Experimenten gezogen werden können.

<sup>1</sup> Vgl. dieses Archiv. Bd. III. S. 32. 1891. *Beiträge zur Ophthalmologie*. S. 485. 1891.

<sup>2</sup> Ueber das Spectrum dieser Lösungen vgl. Vierordt: *Die Anwendung des Spectralapparates*. S. 87 und 98. 1873.

<sup>3</sup> So kommt hier viel in Betracht: die Brechbarkeit der verschiedenen Strahlen, die Refraction des Versuchsauges und die Weite der Pupille. Auch wird bei Anwendung convergenten Lichtes die Intensität der Strahlen, welche durch die Pupille eindringen, sehr verschieden bei dem kleinsten Wechsel der Entfernung der Lampe vom Versuchsauge. Um wenigstens diese letzte Fehlerquelle zu eliminiren, machte ich später einige Versuche mit Sonnenlicht. Das Licht von einem Heliostate wurde von einem Winkelspiegel in zwei Directionen



Man könnte sich geneigt fühlen, den am meisten brechbaren leuchtenden Strahlen eine vorwiegende Bedeutung zuzumessen auf Grund einer anderen Thatsache, nämlich der Absorption der verschiedenen Strahlen in der Macula lutea des Menschen. Moritz Sachs hat hierüber vor Kurzem Untersuchungen angestellt.<sup>1</sup> Er constatirte eine Beobachtung, die Hering früher gemacht hatte, dass die rothen Strahlen nicht merklich in der Macula absorbirt werden. Uebrigens fand er, dass die Absorption im Grossen und Ganzen mit abnehmender Wellenlänge zunimmt. Innerhalb der Linie *D* (bei  $\lambda$  0.560) wurde  $\frac{1}{30} - \frac{1}{30}$  des Lichtes absorbirt, bei der Linie *E* war die Absorption  $\frac{1}{16} - \frac{1}{6}$ , bei *F* (nahe der Grenze des Blauen) war sie  $\frac{1}{5} - \frac{2}{5}$ . Bei der letztgenannten Linie erreichte die Absorption nahezu ihr Maximum und hielt sich darnach annähernd gleichmässig bis zu dem violetten Felde.

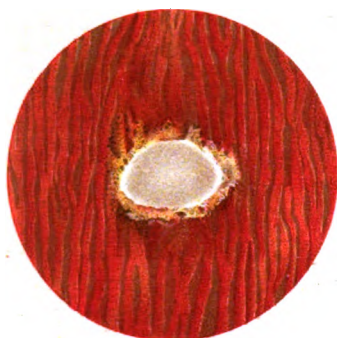
Diese Untersuchungen scheinen jedoch die übrigen Netzhautschichten mit Ausnahme des Epithellagers zu betreffen. Aber die Absorption des Pigmentlagers ist wahrscheinlich auch von Bedeutung, besonders für die Veränderungen in den äusseren Netzhautschichten.

Wenn ich aber Alles zusammenfasse, so scheint es mir wahrscheinlich, dass die mehr brechbaren Strahlen eine stärkere Einwirkung haben.

reflectirt. Jedes Strahlenbüschel passirte ein Gefäss mit der früher genannten gelben, resp. blauen Lösung, bevor es das Versuchsauge traf. In dieser Weise wurden je fünf Versuche vorgenommen, aber sie gaben alle negative Resultate, obgleich dazu sehr helle Tage gewählt wurden. Mit dem Gesamtlicht der Sonne erhielt ich zwar eine Wirkung — wenn ich auch dazu eine auffällig lange Zeit brauchte — aber mit dem durch meine Lösung filtrirten nicht.

<sup>1</sup> *Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd. L. S. 574. Auch der Deutschmann'sche Fall Nr. 2, wo der Patient die Sonne durch ein dunkelblaues Glas betrachtete, spricht ja bis zu einem gewissen Grade für eine Einwirkung der kürzeren Lichtwellen.

1.



2.



3.



Suppl. Andersson pinx

Lith. W. Schlachter, Stockholm.

Verlag von Veit & Comp., Leipzig.



Fig. 1.

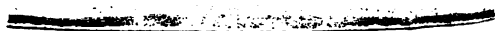


Fig. 2.

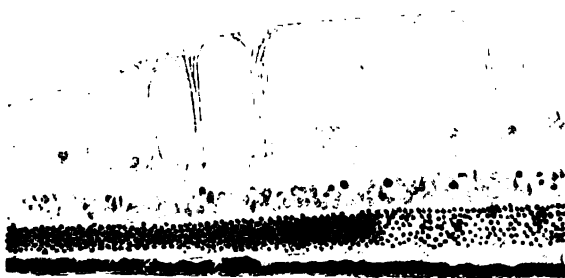


Fig. 3.

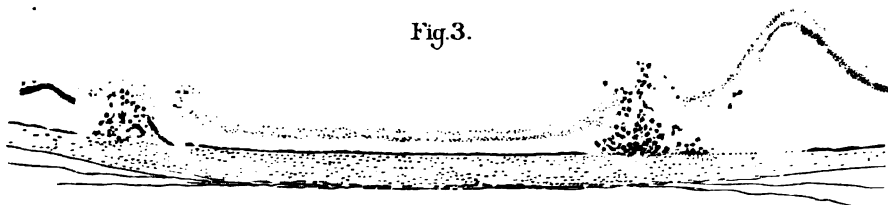


Fig. 4.

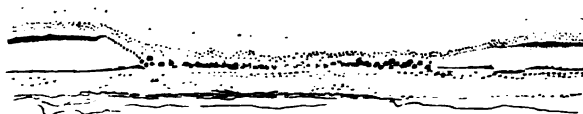
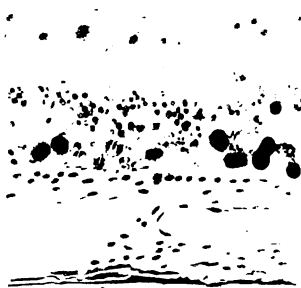


Fig. 5.





## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. III u. IV.)

**Tafel III. Fig. 1.** Scheibenförmiger Blendungsherd um Mitte der ersten Woche.

**Fig. 2.** Ringförmiger Blendungsherd um Mitte der ersten Woche.

**Fig. 3.** Abgelaufener Blendungsherd.

**Tafel IV. Fig. 1.** Blendungsherd, einen Tag alt. Oedem vorwiegend in der Nervenfaserschicht. Flemming's Flüssigkeit, Safranin.

**Fig. 2.** Ein Theil desselben Präparates. Stärkere Vergrösserung. Stäbchen und Zapfen zum Theil zerfallend. Die äussere Körnerschicht geschwollen, mit spärlichen, unregelmässig gelagerten Körnern. In der Nervenfaserschicht zwischen den Müller'schen Stützfasern grosse Zwischenräume, zum Theil mit kugelförmigen Bildungen gefüllt.

**Fig. 3.** Ringförmiger Herd, 12 Tage alt. In der Peripherie des Herdes ist die Netzhaut vollständig desintegriert. In der Mitte sind noch deutliche Stäbchen und Zapfen. Die Elemente der beiden Körnerschichten in Zahl bedeutend reducirt, ebenso die Ganglienzellen. Die Nervenfaserschicht in eine körnige Masse zerfallen. Müller's Lösung, Hämatoxylin.

**Fig. 4.** Theil eines ringförmigen Herdes; vierte Woche. Links normale Netzhaut. In der Peripherie fehlen Stäbchen und Zapfen, die äussere Körnerschicht, sowie zum Theil das Pigmentepithel. Gegen die Mitte des Herdes (rechts im Bilde) treten sie wieder auf. Müller'sche Lösung, Hämatoxylin.

**Fig. 5.** Die am meisten veränderte Partie desselben Präparates wie Nr. 4.

# Ueber den Einfluss der Ausschaltung der Nervi vagi auf die Athmung beim Kaninchen.<sup>1</sup>

Von

Stud. med. Em. Lindhagen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen  
Instituts in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. V u. VI.)

---

Auf Anregung des Herrn Professor Tigerstedt habe ich während des verflossenen Wintersemesters einige Capitel in der Physiologie des Lungenvagus experimentell untersucht. In der vorliegenden Abhandlung werde ich die Ergebnisse meiner Versuche über die Ausschaltung der Nervi vagi besprechen.

Meine sämtlichen Versuche sind an Kaninchen angestellt, und zwar unter Chloralnarcose. Die Einverleibung des Chlorals geschah in den meisten Fällen durch Injection einer 50-procentigen Lösung in die Bauchhöhle. Das Quantum hat gewechselt zwischen 0.20<sup>gm</sup> und 1<sup>gm</sup> Hydras chloralicus je nach der Grösse des Thieres und anderen in jedem einzelnen Falle obwaltenden Umständen.

Die zum Registriren der Athembewegungen angewandte Methode war eine volumetrische. Durch eine luftdicht in die Trachea eingebundene Ludwig'sche Trachealcannüle stand der Hohlraum der Lungen in Verbindung mit einem kleinen genau in jeder Stellung äquilibrirten Spirometer. Zwischen dem Spirometer und der Trachealcannüle wurde eine 7 Liter fassende Glasflasche eingeschaltet, um der sonst unbedingt eintretenden Dyspnoe vorzubeugen. Ein in der Seitenwand des Gefässes dicht am Boden angebrachtes Loch wurde mit einem durchbohrten Pfropfen verstopft. Ein in die Höhlung des Pfropfens eingefügtes kurzes Glasrohr vermittelte

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 24. Juni 1892.

die Verbindung mit dem Gummischlauche der Canüle. Die totale Länge der Leitung zwischen der Trachea und dem Gefässe betrug ca. 5<sup>cm</sup>, war also von hinreichender Kürze, um eine Röhrendyspnoe auszuschliessen. Am oberen Theile des Gefässes befanden sich zwei Oeffnungen; die eine stellte unter Vermittlung eines längeren Gummischlauches die Verbindung mit dem Spirometer dar; die andere war während des eigentlichen Versuches geschlossen. Von Zeit zu Zeit wurde die Flasche gelüftet, dabei die Flasche von der Trachealcanüle getrennt, die Leitung zum Spirometer abgeklemmt und der dritte Verschluss geöffnet. Sollte der Versuch wieder beginnen, wurde das Gefäss mit der Trachealcanüle wieder vereinigt und die Leitung zum Spirometer geöffnet. Dann wurde die Spirometerglocke in der gewünschten Höhe eingestellt und schliesslich die noch offene Verbindung geschlossen.

Der bei den Versuchen benutzte Spirometer ist vor mehreren Jahren vom hiesigen Mechaniker Gustav Sörensen verfertigt und vor Beginn meiner Versuche von ihm justirt. Die innere, bewegliche Spirometerglocke, von cylindrischer Gestalt, ist aus dünnem Messingblech verfertigt. Die Höhe beträgt 7·15<sup>cm</sup>, der äussere Diameter 4·9<sup>cm</sup>, die Wanddicke 0·3<sup>mm</sup>. Die obere Fläche der Glocke trägt an zwei einander entgegengesetzten Punkten ihres äusseren Umkreises jederseits zwei kleine vorspringende Metalleisten, welche zwischen sich einen kleinen Ausschnitt fassen. Diese beiden Ausschnitte umgreifen zwei an dem oberen Rande des äusseren Spirometergehäuses vertical aufgestellte Metallstäbe, wodurch die Bewegung der Glocke in verticaler Richtung gesichert wird. Mitten zwischen diesen beiden Vorsprüngen befindet sich am Umkreise ein anderer Vorsprung, welcher die in einem Gelenke bewegliche aufschreibende Feder trägt. Durch eine federnde Vorrichtung wird die Schreibfeder an die berusste Fläche der Trommel sanft angedrückt. Durch ein an der der Feder diametral entgegengesetzten Seite des Umkreises unbeweglich angebrachtes Gewicht wird die Schwere der Feder compensirt. Das äquilibrirnde Gewicht übertrifft um ein Geringes die Schwere der Feder. Die Ausgleichung kommt durch den Druck der Feder an die Trommelfläche zu Stande.

Die zum Registriren der Athembewegungen angewandte Methode ist, wie aus dem Gesagten unmittelbar hervorgeht, eine volumetrische. Die aufgeschriebene Curve ist ein getreuer Ausdruck für die zeitlichen Schwankungen des in den Lungen befindlichen Luftvolumens und gestattet ein genaues Urtheil über die Aenderung der Mittelstellung der Lungen. Sie ist also ganz übereinstimmend mit der zuerst von Gad in Anwendung gebrachten Aeroplethysmographie und macht nur eine Modification seiner Methode aus. Ein wenn auch nur gering anzuschlagen-



der Vortheil besteht darin, dass bei stillstehender Kymographiontrommel die Feder des Spirometers eine Gerade zeichnet, während die Spitze des Aeroplethysmographenhebels einen Theil eines Zirkelbogens beschreibt, also die Aeroplethysmographencurve hierdurch deformirt wird, wenn auch nur in geringem Maasse wegen der beträchtlichen Grösse des Radius. Hiermit steht in Zusammenhang, dass die Spirometercurve sich besser zu quantitativen Bestimmungen eignet, da gleich grossen Ordinatenwerthen gleich grosse Luftvolumina entsprechen, während dieses bei der Aeroplethysmographencurve nicht völlig zutrifft. Unter der thatsächlich berechtigten Annahme, dass die Querschnitte des Glockenlumens in verschiedener Höhe überall annähernd denselben Flächeninhalt besitzen, habe ich aus Bestimmungen der Dicke des Glockenmantels und der Grösse des äusseren Diameters diesen Flächeninhalt zu  $19.08 \text{ qcm}$  berechnet, woraus sich ergibt, dass auf der Curve jedem Höhenunterschiede von  $1 \text{ mm}$  eine Luftquantität von  $1.908 \text{ ccm}$  entspricht. Unter Zugrundelegung dieser Zahl habe ich, wie näher erörtert werden wird, in einigen Versuchen aus den Curven die eingeathmeten Luftvolumina bestimmt.

Was die Unvollkommenheiten meines Instrumentes angeht, so kommen als solche Eigenschwingungen in Betracht, sowie eine ungenügende Einstellungsfähigkeit, d. h. das Spirometer gebraucht eine zu grosse Zeit zur Einstellung auf ein bestimmtes Volumen, als dass es so grosse und rasch erfolgende Volumschwankungen, wie sie im Lungenraum vorkommen, getreu wiedergeben könnte. Bei eigens in dieser Richtung angestellten Versuchen mit rascheren Volumschwankungen als die, welche thatsächlich in meinen Versuchen vorgekommen sind, stellte sich heraus, dass Eigenschwingungen unter diesen Verhältnissen zwar deutlich zum Vorschein kamen, jedenfalls aber von nur sehr geringem Betrage waren, weshalb ich eine nennenswerthe Deformation der Athemcurven in Folge von Eigenschwingungen des Spirometers glaube mit Bestimmtheit ausschliessen zu können. Dasselbe gilt auch von der Einstellungsfähigkeit. Wenn also auch die Spirometercurve keine absolut getreue Darstellung der Volumschwankungen im Lungenraume ausmacht, sind die Unvollkommenheiten derselben von nur sehr geringem Belang, weshalb ich mich berechtigt sehe, auszusprechen, das Spirometer gebe Volumvariationen von dem hier in Frage kommenden Umfange mit hinreichend grosser Annäherung richtig wieder.

Bevor ich auf die Ergebnisse meiner Versuche über Ausschaltung der Vagi eingehe, muss ich das Aussehen der Spirometercurve vom intacten Thiere besprechen. In einer Minderzahl der Versuche habe ich denjenigen Typus beobachtet, von dem die Curve I ein Beispiel giebt.

Die Dauer der Expiration überwiegt beträchtlich diejenige der Inspiration. Die Contraction der Inspirationsmuskeln geschieht mit constanter Geschwindigkeit. Wenn sie ein gewisses Maass erreicht hat, wird sie plötzlich unterbrochen und die Expiration setzt ein, mit anfänglich grosser, diejenige des inspiratorischen Curvenschenkels übertreffender, dann rasch abnehmender Geschwindigkeit. Eine absolute expiratorische Athempause ist nur gering ausgebildet oder fehlt vollkommen. Deutlicher hervortretend sind die absoluten Athempausen auf der Höhe der Expiration in der Curve II, welche sonst den geschilderten Typus innehält. Die grosse Mehrzahl der Curven vom intacten chloralisirten Thiere sind durch noch ausgeprägtere expiratorische Athempausen gekennzeichnet, wie es die Curve III veranschaulicht. In diesem Falle geschieht der Uebergang der eigentlichen Expiration in die Athempause, nicht wie in den beiden ersten Curven allmählich unter Bildung eines gekrümmten Schenkels, mit der Concavität gegen die Abscisse gewandt, sondern mit einem Male, auf der Curve durch einen mehr oder weniger scharfen Winkel ausgezeichnet. Als Beispiele von normalen Athemcurven mögen noch die Nr. IV, V, VI, VII dienen. Ueberall kommen mehr oder weniger deutliche expiratorische Athempausen vor. Der Unterschied in der Steilheit des inspiratorischen und des expiratorischen Curvenschenkels ist in diesen Beispielen nur gering, in der Curve VI fast gänzlich aufgehoben.

Die Spirometercurve vom chloralisirten Thiere zeichnet sich also aus durch 1) ein Ueberwiegen der Duration der Expiration über die der Inspiration; 2) relative oder absolute expiratorische Athempausen; 3) spitze Curventhäger, in Folge der constanten Geschwindigkeit der inspiratorischen Contraction und dem scharfen Abschneiden dieser durch die plötzlich eintretende expiratorische Erschlaffung.

Bei nicht ausreichender Narcose hat die Athemcurve dasselbe Aussehen, wie in den Curven VIII, IX, X, XI, XII. Irgend welche Details lassen sich nicht erkennen; der inspiratorische und der expiratorische Curvenschenkel stimmen vollkommen mit einander überein und arbeiten beide mit höchst beträchtlicher Geschwindigkeit. Bei spontaner Beruhigung der Thiere habe ich in Folge ungünstiger localer Verhältnisse keine Athemcurve aufnehmen können, kann mich also von der von Gad beschriebenen Uebereinstimmung dieser Curve mit derjenigen des chloralisirten Thieres nicht aussprechen, habe aber keinen Grund, die Richtigkeit seiner Beobachtung zu bezweifeln.

---

Die Unterbrechung der Leitung in den Nervis vagis wurde nach der von Gad<sup>1</sup> zuerst angewandten Methode der plötzlichen Abkühlung vorgenommen. Das hierbei eingehaltene Verfahren war das von Marckwald<sup>2</sup> angegebene. Zwei feine gebogene Silberrohre wurden unter möglichst sorgfältiger Schonung der Nerven unter diesen angebracht und in der Halswunde festgenäht. Durch je einen Gummischlauch wurden die „Thermoden“ vermittelt eines Gabelrohres mit einem Trichter verbunden, aus dem die Kältemischung durch die Röhren strömte. Dieses Verfahren gestattet die Wiederherstellung der normalen Athmung nach Aufhören der Strömung in den Thermoden zu beobachten. Behufs dessen wird die Leitung zwischen dem Trichter und den Thermoden einfach abgeklemmt. In Folge veränderter Zufuhr der Kältemischung erwärmen sich die Thermoden rasch, und die Leitung in den Vagis wird wiederhergestellt, ohne dass irgend welche Manipulationen am Thier, welche durch die dabei stattgefundene Reizung sensibler Nerven und der Vagi selbst die Curve deformiren würden, nöthig sind. Die Leitungsunterbrechung und das Retabliren derselben lassen sich in dieser Weise mehrmals wiederholen.

Die Kältemischung wurde hergestellt durch Auflösen von salpetersaurem Ammoniak in Wasser. Die Temperatur derselben betrug  $-3^{\circ}$  bis  $-6^{\circ}$  C.

Dass die Ausschaltung der Vagi bei diesem Zuwegehen wirklich völlig reizlos geschieht, geht schon zur Genüge aus den Mittheilungen von Gad<sup>3</sup> und Head<sup>4</sup>, sowie aus Versuchen von Knoll<sup>5</sup> über den Einfluss thermischer Reize auf das centrale Vagusende hervor. — Wegen der einschneidenden Bedeutung dieses Umstandes glaube ich aber, dass der folgende Versuch, welcher zur vollen Evidenz die Richtigkeit der zeitigeren Beobachtungen darthut, mitgetheilt zu werden verdient. Der rechte Vagus wird durch einen Scheerenschnitt durchtrennt. An dem centralen Ende wird am meisten peripherisch ein Elektrodenpaar angebracht; centralwärts von demselben wird eine Thermode unter den Nerven geführt und in möglichst grosser Entfernung

<sup>1</sup> Gad, Die Regulirung der normalen Athmung. *Archiv für Anat. u. Physiol.* Physiologische Abtheilung. 1880. S. 1.

<sup>2</sup> Marckwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. *Zeitschr. für Biol.* Bd. XXIII. N. F. Bd. V. S. 14 des S.-A.

<sup>3</sup> Gad, a. a. O. S. 13—14.

<sup>4</sup> Head, On the regulation of Respiration. *Journal of physiology.* Vol. X. 1889. p. 8—9.

<sup>5</sup> Knoll, *Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. in Wien.* Bd. LXXXVI. Abth. III. S. 48.

von den Elektroden in gewohnter Weise in der Halswunde befestigt. Mehr als eine Stunde nach der Durchtrennung wird die Curve XV A aufgenommen. Bei *a* wird der Nerv durch den Strom von einem gewöhnlichen Schlitteninductorium bei einem Rollenabstand von 14<sup>cm</sup> gereizt. Der Erfolg ist Stillstand der Athmung in einer Stellung zwischen Höhe der Expiration und der Inspiration, um ein Geringes der ersteren genähert. Bei *b*, Curve XV B, beginnt die Strömung der Kältemischung durch die Thermode. Von einer Alteration der Curve ist keine Spur zu sehen. Bei *c*, Curve XV C, wird der Nerv bei fortdauernder Strömung durch die Thermode wieder, und zwar bei demselben Rollenabstande wie vorher, gereizt. Diesmal aber ohne jeglichen Erfolg. Der Einwand, das Ausbleiben des Reizerfolges sei dadurch bedingt, dass die Abkühlung von der Thermode aus sich bis auf die Reizstelle ausbreite und demgemäss die Reizbarkeit des Nerven an dieser Stelle aufgehoben sei, glaube ich lässt sich nicht aufrecht erhalten angesichts der grossen Entfernung zwischen Thermode und Elektroden. Bei *d* hört die Strömung in der Thermode auf, ebenfalls ohne jegliche Spur in der Athemcurve zu hinterlassen. Bei *e* wird der Nerv wieder, bei immer demselben Rollenabstande, gereizt. Der Erfolg ist nunmehr wieder augenscheinlich.

Dieser Versuch bestätigt also vollauf die Entdeckung Gad's, dass durch plötzliche Abkühlung der Vagi eine vollkommene Aufhebung des Leitungsvermögens zu Stande gebracht wird, und dass diese ohne jegliche Reizung, wie sie bei Durchtrennung des Nerven nicht zu vermeiden ist, geschieht.

Ich glaube, dieser Versuch ist auch aus einem anderen Gesichtspunkte nicht ohne Interesse. Meine Beobachtungen über den Erfolg der reizlosen Ausschaltung der Vagi sind gewonnen durch Vergleiche über das Aussehen der Athemcurve vor und nach der Strömung in den Thermoden. Die als normal angesehene Athemcurve ist aber aufgenommen mit der oder den Silberröhren, durch welche die Abkühlung geschehen soll, und die unter dem Nerven angebracht und ihm anliegend sind. Man könnte nun meinen, eine unter solchen Umständen aufgenommene Athemcurve sei nicht als normal anzusehen, sondern sei durch einen Reizzustand, von der Reibung der Silberröhre gegen den Nerven bedingt, complicirt. In Folge dessen, so könnte man sagen, sei der erste unmittelbare Effect der Ausschaltung ein unnatürlich gesteigerter. — Diesen Einwand entkräftigt der letzterwähnte Versuch. Würde durch das Anliegen des Nerven gegen die Silberröhre irgend ein Reiz auf den ersteren ausgeübt werden, müsste dieses sich in einer Veränderung der Curve bei Beginn der Strömung in der Thermode zu erkennen geben.

Wie schon erwähnt, ist aber von einer Alteration der Athemcurve in Folge des Frierens nichts zu sehen.

Das Frieren bloss des einen Vagus ist von nur geringem Effect. Der Athemtypus bleibt im Wesentlichen unverändert. Constant beobachtet man eine geringe Verlangsamung der Athmung und eine ebenfalls geringe Vertiefung des einzelnen Athemzuges; dabei oscillirt die Respiration um eine nur wenig tiefere Mittellage, während der Grad der expiratorischen Erschlaffung unverändert bleibt. Dieses wird durch die Curve VII veranschaulicht. Die Abfrierung des einen Vagus beginnt bei *a*, die des zweiten bei *b*. Nur in wenigen Fällen verändert sich die Athmung in derselben Richtung wie nach doppelseitiger Vagusunterbrechung. In der Curve IX liegt ein solcher Fall vor. Vor dem Abfrieren ist eine expiratorische Athempause nicht vorhanden, Inspiration und Expiration von ungefähr gleicher Dauer. Nach dem Abfrieren des einen Vagus (*a*) ändert sich die Athmung betreffs Tiefe und Frequenz ganz in derselben Weise wie in dem eben mitgetheilten Beispiele. Die Inspiration aber wird nach der Abfrierung der Expiration an Duration überlegen, in Folge des Hinzukommens einer kurzdauernden inspiratorischen Athempause. Nach der Ausschaltung des zweiten Vagus (*b*) wird auch hier die inspiratorische Athempause sehr accentuirt.

Das Frieren des zweiten Vagus oder das gleichzeitige Abfrieren beider Nerven ist ein überaus bedeutungsvollerer Eingriff. Der unmittelbare Erfolg ist bisweilen ein äusserst prägnanter: eine ungemein verlängerte und vertiefte Inspiration, von anfangs beträchtlicher, dann abnehmender Geschwindigkeit der inspiratorischen Contraction, welche schliesslich in eine fast absolute inspiratorische Athempause übergeht. So habe ich Inspirationen von einer Dauer von bis 6 Sec. beobachtet. Dieser Primäreffect der Ausschaltung geht aus den Curven V (*a*), VII (*b*), VIII (*a*), X (*a*), XI, XII hervor. Das Verhalten hiernach ist in verschiedenen Fällen ein verschiedenes. In den Curven VIII, X, XI wird diese erste vertiefte Inspiration von einer scharf einsetzenden, höchst unvollständigen Expiration unterbrochen, worauf eine neue Inspiration eintritt, welcher nach einer ziemlich kurz dauernden tonischen Contraction eine neue Expiration von etwas grösserer Excursion folgt. Die Expirationen werden allmählich höher, erreichen doch den früheren, vor der Abfrierung vorhandenen Grad der Verschlaffung nicht mehr, sondern auf der Höhe der Expiration bleiben die Inspirationsmuskeln in geringem Maasse tonisch contrahirt. Die Athmung ist beträchtlich verlangsamt, in Folge der, sowohl absolut, wie mit der Dauer der Expiration verglichen, längeren Dauer der Inspiration. Inspiratorische Athempausen sind nunmehr vorhanden.

In den Curven V, VII, XII giebt sich die Leitungsunterbrechung in den Vagis ebenfalls durch einen ausserordentlich vertieften und langausgezogenen, der eben geschilderten durchaus ähnlichen Inspiration zu erkennen. Diese wird plötzlich von einer kräftigen Expiration unterbrochen, welche in XII die Höhe der früheren Expirationen, in V und VII diese Höhe nicht vollständig erreicht. Dieser folgt in V eine zweite vertiefte Inspiration, welche zwar der ersten an Dauer nicht gleichkommt, jedenfalls aber durch ihren langausgezogenen Verlauf und ihre Tiefe gekennzeichnet ist. Dieser folgt eine zweite steil ansteigende und ebenfalls nicht vollständige Erschlaffung von derselben Höhe wie die vorausgehende. Das eben geschilderte treppenartige Anwachsen der Expirationen ist hier nicht zu sehen. Dieser Expiration folgt wieder eine sehr langausgezogene Inspiration, mit der vorhergehenden völlig übereinstimmend. Die Athmung hält nun diesen veränderten Typus inne. Doch werden allmählich die inspiratorischen Curvenschenkel an Dauer etwas geringer, in Folge etwas grösserer Steilheit des Verlaufes und Verkürzung der inspiratorischen Athempause, ohne dass indessen der Athemtypus eine wesentliche Veränderung erleidet. Besonders hervorzuheben ist, dass das Maass von tonischer Contraction der Inspirationsmuskeln auf der Höhe der Expiration in diesem Falle ein nur sehr geringes ist, und allmählich abzunehmen scheint, so dass es am Ende der Curve gänzlich verschwunden ist.

An der Curve XII ist von einem inspiratorischen Tonus nichts zu sehen, nicht einmal in unmittelbarer Anschliessung an der ersten vertieften Inspiration. Dieser Fall ist durchaus nicht einzig dastehend, sondern ich habe diesen gänzlichen Mangel eines inspiratorischen Tonus mehrmals beobachtet.

Wo vor der Vagusdurchtrennung expiratorische Athempausen bestehen, verschwinden oder verkürzen sie sich meistens in Folge derselben. So in den Curven V, VI, VII. Die Curvengipfel werden mehr oder weniger steil, wo sie vorher Plateaus gebildet haben.

In vielen Fällen habe ich diesen ausdrucksvollen unmittelbaren Effect der Abfrierung vermisst. Die Curven VI und, weniger deutlich, IX illustriren dieses Verhalten. Der neue Athemtypus bildet sich hier allmählich aus. Die Inspirationen werden in der Curve VI (bei *a* Abfrieren des ersten, bei *b* des zweiten Vagus) immer tiefer und mehr langausgezogen, mit ihrer Convexität gegen die Abscisse gewandt. Die Expirationen sind steil, die voraus vorhandene Athempause verschwunden. Mit der zunehmenden Tiefe der Inspirationen hält die expiratorische Verschläffung nicht gleichen Schritt, die Höhe des expiratorischen

Schenkels bleibt um ein Geringes hinter derjenigen des inspiratorischen Schenkels zurück, woraus sich ein Zustand tonischer Contraction der Inspirationsmuskeln ausbildet. — Wie hieraus zu ersehen ist, ist die endliche Veränderung der Athmung, gleichgültig ob sie sich langsamer oder mit einem Male einstellt, in allem Wesentlichen dieselbe.

Wenn man von dem soeben geschilderten nicht constanten Primäreffect absieht, so ergibt sich, als die Athmung nach reizloser Ausschaltung beider Vagi auszeichnend, Folgendes:

Die Athemfrequenz sinkt beträchtlich ab. Jeder einzelne Athemzug ist beträchtlich vertieft. Die Respirationsbewegungen oscilliren um eine tiefere Mittelstellung. Auf der Höhe der Expiration ist entweder die Verschaffung der Inspirationsmuskeln um einen wechselnden, jedenfalls nie bedeutenden Betrag gegen vorher vermindert oder auch lässt die Ausschaltung der Vagi den Grad der expiratorischen Verschaffung unbeeinflusst. Die Dauer der Inspiration überwiegt bedeutend diejenige der Expiration, während vor der Abfrierung das Verhältniss ein umgekehrtes ist. Eine eventuell vorhandene expiratorische Athempause wird meistens abgekürzt oder vernichtet.

Ich will nicht verhehlen, dass in sehr seltenen Fällen die soeben als typische beschriebene Athemform sich nicht einstellt. Eine vorher vorhandene expiratorische Athempause bleibt bestehen; in einem Falle habe ich sogar expiratorische Athempausen als Folge der Ausschaltung der Vagi auftreten sehen. Die Dauer der Expiration überwiegt diejenige der Inspiration. Die Veränderungen in Tiefe und Frequenz bleiben dieselben wie in den typischen Beispielen. Indessen lässt sich in diesen Fällen eine Tendenz zur Veränderung der Athmung in dem typischen Sinne jedenfalls wahrnehmen. Die Länge der Athempause ist meistens absolut, immer aber relativ verkürzt, die Inspiration mehr langausgezogen und ihre sowohl absolute wie relative Dauer verlängert. Aus diesen Gründen kann ich die in diesen Fällen beobachtete Veränderung der Athmung nicht als eine Ausnahme von der als typisch aufgestellten ansehen, sehe den erwähnten Unterschied als einen bloss quantitativen an.

Eine gute Illustration zu den Veränderungen, welche die Athmung in Folge des Ausfalles der Vagi erleidet, bilden die Erscheinungen bei der Wiederherstellung der Leitung in den Nerven durch die Aufthauung derselben. Ich theile vier Beispiele mit: X, XII, XIII, XIV. Die Aufthauung beginnt in diesen Curven bei  $x$ .

Das Verhalten hierbei stellt das umgekehrte Bild der bei der Aufhebung des Leitungsvermögens auftretenden Erscheinungen dar. Die

Frequenz nimmt zu. Die Tiefe jedes einzelnen Athemzuges vermindert sich, wobei die Mittelstellung sich in expiratorischem Sinne verändert: die inspiratorischen Contractionen werden immer weniger umfangreich, während die expiratorische Verschaffung meistens dieselbe Höhe wie während des Frierens erreicht, so dass eine die expiratorischen Gipfelpunkte verbindende Linie eine der Abscisse parallele Gerade darstellt. In den Versuchen, wo in Folge der Abkühlung der Vagi eine tonische Contraction der Inspirationsmuskeln sich eingestellt hat und noch fortbesteht, ist das Verhalten bei der Aufthauung ein dement-sprechendes; dieser inspiratorische Tonus geht wieder verloren, was sich durch ein allmähliches Ansteigen des Niveaus der expiratorischen Curvengipfel kundgibt. Die Curve XIV liefert hiervon ein Beispiel. In seltenen Fällen wird dieses Schwinden der tonischen Contraction vermisst: das expiratorische Niveau bleibt unverändert. — Der Versuch, dem die Curve X entnommen ist, stellt eine Ausnahme dar, insofern als die expiratorische Erschlaffung nach wiederhergestellter Leitung um ein Weniges geringer ist als während des Frierens. — Die vorher vorhandenen inspiratorischen Athempausen verschwinden. Die Dauer der Inspiration verkürzt sich sowohl absolut wie im Verhältniss zur Expiration, und wo, wie es in Curve XIII der Fall ist, vor dem Frieren expiratorische Athempausen bestanden, bilden sie sich nach Aufhören desselben wieder aus.

Eine vielfach erörterte Frage ist die über die durch Ausschaltung der Vagi bedingten Veränderungen in der Athemgrösse, diese nach Gad definirt als das Maass der Thätigkeit des Athemapparates oder die Summe der von den Athemmuskeln in der Zeiteinheit geleisteten Arbeit. Wie Gad<sup>1</sup> gegen Rosenthal hervorhebt, lässt diese sich weder beurtheilen durch Bestimmungen über die in der Zeiteinheit geathmeten Luftmengen, wie Rosenthal es in seiner ersten Darstellung<sup>2</sup> der hierher gehörenden Fragen thut, noch durch ähnliche Bestimmungen über die Athemschwankungen des intrathoracalen Druckes, wie Rosenthal es in einer späteren Abhandlung<sup>3</sup> versucht. Wenngleich also die in der Zeiteinheit geathmeten Luftvolumina keinen Schluss auf die hierauf verwandte Arbeit zulassen, muss es jedenfalls von Interesse sein, kennen

<sup>1</sup> Gad, a. a. O. und *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1881. S. 538.

<sup>2</sup> Rosenthal, *Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus.* Berlin 1862. S. 90.

<sup>3</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1880. Suppl.-Bd. S. 34.

Skandin. Archiv. IV.



zu lernen, wie diese Quantität, also der Nutzeffect der Athemmuskelarbeit, wie Gad<sup>1</sup> sich ausdrückt, sich in Folge der Ausschaltung der Vagi verändert. Ich habe deshalb theils directe Bestimmungen der geathmeten Luftvolumina vor und nach Vagusdurchtrennung unter Anwendung der Gasuhr ausgeführt, theils aus einigen der mit dem Spirometer gewonnenen Curven dieselben Werthe berechnet.

Die Versuche mit der Gasuhr wurden in Uebereinstimmung mit der von Zuntz und Geppert angewandten Anordnung in folgender Weise ausgeführt. Die in die Trachea des chloralisirten Thieres luftdicht eingebundene Canüle wurde vermittelt eines möglichst kurzen Gummischlauches mit einem Lovén'schen Ventile luftdicht verbunden.<sup>2</sup> Das eine Ventil, dasjenige, welches nur der inspirirten Luft den Weg gestattet, blieb frei, das andere, das expiratorische, wurde durch einen Schlauch mit einer äquilibrirten Gasuhr verbunden. Der Zeiger der Tafel wurde soweit verlängert, dass er bei seiner Bewegung in eine unter der Tafel angebrachten mit wenig Quecksilber gefüllten Schale hineintauchte. Bei jedem Eintauchen des Zeigers ins Quecksilber wird ein electrischer Stromkreis, in welchem der Baltzar'sche Markmagnet eingeschaltet ist, geschlossen. Jeder vollständige Umlauf des Zeigers wird also auf der Trommel durch einen kurzdauernden Contact abgegeben. Eine Secundenuhr schrieb die entsprechende Zeit auf. Die einem Umlauf des Zeigers entsprechende durch die Gasuhr passirte Luftmenge ist bekannt. Durch Controlversuche habe ich mich davon überzeugt, dass bei verschiedener Geschwindigkeit bei der Durchströmung desselben Luftvolumens die Angaben des Zeigers wechseln, doch innerhalb so enger Grenzen, dass dieser Fehlerquelle kein grösserer Werth beigegeben zu werden braucht. Aus der auf einen Umlauf des Zeigers angewandten Zeit habe ich das Athemvolumen pro 10" berechnet. Die ausführlichen Versuchstabellen sind der Abhandlung in einem Anhange beigelegt.

Versuch 1. Das Mittel aus sämtlichen Bestimmungen vor der Vagusdurchtrennung ergiebt das Athemvolumen pro 10" zu 94<sup>ccm</sup>. Unmittelbar nach der Durchtrennung sinkt das Athemvolumen beträchtlich, um rasch wieder seinen früheren Werth zu erreichen, ab und zu höhere Werthe als vorher annehmend. Das Mittel nach der Durchtrennung ist 97<sup>ccm</sup>, also eine Steigerung von 3% gegenüber dem Werthe vor derselben.

Versuch 2. Da, wie aus der Tabelle hervorgeht, das Athemvolumen vor der Durchtrennung in Folge zunehmender Beruhigung im Anfange sinkt, habe

<sup>1</sup> Gad, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1880. S. 21.

<sup>2</sup> Lovén, *Nordiskt Medicinskt Arkiv.* Bd. IV. 1872. Nr. 2.

ich nur die Perioden 20—30, deren entsprechende Athemvolumina sämtlich unterhalb des Mittels aus sämtlichen Perioden, 163<sup>ccm</sup>, sich befinden, während von den Perioden 1—19 nur drei einen kleineren Werth zeigen, zur Vergleichung herangezogen. Das aus diesen Perioden gewonnene Mittel beträgt 149<sup>ccm</sup>. Nach der Vagusdurchtrennung ist das durchschnittliche Athemvolumen pro 10'' 113<sup>ccm</sup>. Also eine Verminderung von 25 %.

Versuch 3. Auch in diesem Versuche sind die aus den späteren Perioden stammenden Zahlen wahrscheinlich aus derselben Veranlassung geringer als diejenigen aus den ersten Perioden. Das mittlere Athemvolumen vor der Vagusdurchtrennung, aus den Perioden 11—20 gewonnen, beträgt 92<sup>ccm</sup>. Dasselbe nach der Durchtrennung 103<sup>ccm</sup>. Also eine Vermehrung von 12 %. Ein abweichendes Verhalten der ersten Perioden nach der Ausschaltung ist kaum zu merken.

Versuch 4. Mittleres Athemvolumen vor Ausschaltung der Vagi 96<sup>ccm</sup>. Unmittelbar nach derselben sinkt es auf 50 % des früheren Werthes herab, ein Verhalten, das sich aber rasch wieder ausgleicht. Das Mittel aus sämtlichen Perioden nach der Durchtrennung ist 94<sup>ccm</sup>; die Minderung beträgt 2 %.

Versuch 5. Mittleres Athemvolumen vor Durchtrennung 139<sup>ccm</sup>. Das Athemvolumen ist indessen im Sinken begriffen, so dass es als Mittel aus den Perioden 20—39 123<sup>ccm</sup> ausmacht. Der Durchschnittswerth nach der Durchtrennung ist 134<sup>ccm</sup>, also um 9 % grösser als der aus den späteren Perioden vor der Durchtrennung gewonnene.

Versuch 6. In Folge zunehmender Beruhigung nimmt auch hier das Athemvolumen allmählich ab. Im Durchschnitt aus den Perioden 19—35 beträgt es 104<sup>ccm</sup>. Nach der Durchtrennung beläuft es sich auf 145<sup>ccm</sup>. Die Steigerung beträgt 39 %.

Versuch 7. Mittleres Athemvolumen vor der Durchtrennung 160<sup>ccm</sup>, nach derselben 106<sup>ccm</sup>. Eine Herabsetzung von 34 % ist eingetreten.

Versuch 8. Das mittlere, aus den Perioden 28—61 gewonnene Athemvolumen beträgt 125<sup>ccm</sup>. Aus sämtlichen Perioden nach der Durchtrennung ermittelt beläuft es sich auf 135<sup>ccm</sup>, also 8 % grösser. In unmittelbarem Anschluss zur Durchschneidung tritt eine rasch vorübergehende Steigerung ein.

Versuch 9. In Folge zunehmender Beruhigung des Thieres kann nur das Mittel aus den Perioden 23—42 verwendet werden, es beträgt 97<sup>ccm</sup> pro 10''. Nach der Vagusdurchtrennung ist das mittlere Athemvolumen 102<sup>ccm</sup>, also um 5 % höher als dasjenige vor derselben. Unmittelbar nach der Durchtrennung tritt eine nicht unbeträchtliche Steigerung ein.

Versuch 10. Vor dem Eingriffe beträgt das mittlere Athemvolumen 92<sup>ccm</sup> pro 10''. Aus den 13 ersten Perioden nach demselben beläuft es sich auf 113<sup>ccm</sup>. Eine Erhöhung von 23 % ist also eingetreten. Sieht man von den 2 ersten Perioden, welche ein bedeutend grösseres Athemvolumen zeigen, ab, beträgt die Erhöhung nur 16 %. Während der Periode 14 erhält das Thier eine neue Dosis Chloral. In Folge dessen sinkt das Athemvolumen auf 68 % des Werthes vor der Durchtrennung herab.

Versuch 11. Im Durchschnitt beträgt das Athemvolumen vor der Vagusdurchtrennung 47<sup>ccm</sup>, nach derselben 46<sup>ccm</sup>. Die Herabsetzung beträgt 2 %.

In der folgenden Tabelle habe ich die beobachteten Veränderungen des Athemvolumens, in Procent des vor der Durchtrennung erhaltenen Werthes ausgedrückt, zusammengestellt:

1. + 3 %	7. - 34 %
2. - 25 %	8. + 8 %
3. + 12 %	9. + 5 %
4. - 2 %	10. + 23 %
5. + 9 %	11. - 2 %
6. + 39 %	

Aus derselben ergibt sich, dass die Folge des Eingriffes in verschiedenen Fällen eine höchst verschiedene ist. Wenn man aber von den Versuchen Nr. 2, 6, 7, 10 absieht, weichen in den übrigen sieben Versuchen die Zahlen der procentischen Aenderung in keinem erheblicherem Maasse untereinander ab. Die erwähnten vier Versuche gleichen sich ziemlich vollständig gegen einander aus. Die mittlere procentische Veränderung in den sieben Versuchen beträgt + 4.7; aus allen elf Versuchen berechnet beläuft sie sich auf + 3.4. Eine nennenswerthe Veränderung ist also nicht eingetreten. Ich glaube also, dass das Ergebniss der Versuche sich folgendermaassen ausdrücken lässt. Der Einfluss, welchen die Vagusdurchtrennung auf die Grösse der in der Zeiteinheit geathmeten Luftvolumina ausübt, ist ein nach den obwaltenden verschiedenen individuellen Verhältnissen wechselnder. Im Durchschnitt aber giebt sich eine wesentliche Beeinflussung nicht zu erkennen.

Wie sind nun die beträchtlichen individuellen Abweichungen von dem mittleren Werthe zu erklären? Es liegt nahe, an einen wechselnden Grad der Narcose zu denken. Als Maass der Narcose kann man das Athemvolumen in der Zeiteinheit auf die Einheit des Körpergewichts bezogen, ansehen. Ich habe deswegen für sämtliche Versuche das Athemvolumen pro 10'' und 1<sup>kg</sup> Körpergewicht vor der Vagusdurchtrennung ausgerechnet. Das Ergebniss dieser Berechnung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Athemvolumina sind nach sinkender Grösse geordnet; vergleichshalber werden die entsprechenden procentischen Aenderungen nochmals aufgeführt.

Aus nebenstehender Tabelle ergibt sich nun ohne Weiteres, dass ein Parallelismus zwischen dem Maasse der Narcose, soweit es sich aus dem Athemvolumen pro kg beurtheilen lässt, und der procentischen Aenderung im allgemeinen nicht besteht. Die einzige Ausnahme bilden die Versuche 2 und 7, wo grosse procentische Herabsetzung des Athem-

Nr.	Athemvol. vor der Vagusdurchtrennung pro 1 <sup>te</sup> und 10"	Athemvol. nach der Vagusdurchtrennung in % desselben vor der Vagusdurchtrennung
2	96	- 25
7	86	- 34
4	74	- 2
5	66	+ 9
8	63	+ 8
10	61	+ 23
6	59	+ 39
3	57	+ 12
9	55	+ 5
1	43	+ 3
11	39	- 2

volumens in Folge der Vagusausschaltung mit grossem Athemvolumen pro kg vor derselben einhergeht. Angesichts dieses Umstandes könnte man geneigt sein, gegen den soeben aus den Versuchen gezogenen Schluss einzuwenden, dass er an narcotisirten Thieren gewonnen ist, und dass er sich nicht auf die normaliter obwaltenden Verhältnisse übertragen lässt, dass hier im Gegentheil die Sache so liegt wie in den Versuchen 2 und 7, wo die Narcose keine (in Versuch 2, in dieser Hinsicht von den übrigen abweichend, wurde kein Chloral applicirt) oder eine nicht ausreichende gewesen ist, dass im Gegentheil die Ausschaltung der Vagi am ungeschlälerten Thiere eine Herabsetzung des Athemvolumens bewirkt. Ich glaube, dieser Einwand lässt sich nicht aufrecht erhalten. Er ruht auf der Voraussetzung, dass die Narcose eine Verminderung der Stärke des durch den Vagus vermittelten Reflexes, wie Loewy<sup>1</sup> es in der That als nicht unwahrscheinlich ansieht, herbeiführe. Dass dieses in einem irgend erheblicherem Maasse stattfindet, kommt mir sehr unwahrscheinlich vor, im mindesten bei dem geringen Maasse der Narcose, welche in meinen Versuchen zur Verwendung gekommen ist. Als Belege will ich anführen theils den Befund Gad's, dass die Athemcurve des spontan beruhigten Thieres in allem Wesentlichen mit derjenigen am chloralisirten Thiere gewonnenen übereinstimmt, theils der in obigem ausführlich discutierte Erfolg der reizlosen Ausschaltung der Vagi, welcher nie ausbleibt und bei verschiedenen tiefer Narcose an-

<sup>1</sup> A. Loewy, Zur Kenntniss der Erregbarkeit des Athemcentrums. *Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd. XLVII. S. 620, Anmerkung. 1890.

nähernd gleich ausgeprägt ist, theils schliesslich der schon erwähnte Umstand, dass ausser in den zwei Versuchen, welche die geringste Narcose aufzuweisen haben, ein Zusammenhang zwischen dem Maasse der Narcose, soweit es sich aus dem Athemvolumen pro kg beurtheilen lässt, und dem Effect der Vagusausschaltung sich nicht aufweisen lässt.

Diese Auseinandersetzung ergiebt also zur Genüge, dass die am chloralisirten Thiere gewonnenen Ergebnisse auch für das nicht eingeschlaferte gelten, dass also die Ausschaltung der Vagi durchschnittlich keinen wesentlichen Einfluss auf die Athemvolumina ausübt, dass aber in einzelnen Fällen erhebliche Abweichungen in der einen oder anderen Richtung in Folge nicht näher bestimmbarer individueller Umstände vorkommen.

Was den unmittelbaren Effect der Vagusdurchtrennung angeht, geht aus den Tabellen hervor, dass dieser in hohem Grade wechselt. Da indessen die Leitungsunterbrechung in den Vagis in sämtlichen Versuchen durch einen Scheerenschnitt bewerkstelligt wurde und folglich durch die gleichzeitig auftretenden, betreffs Art, Stärke und Dauer der Nachwirkung in hohem Grade wechselnden Reizerscheinungen complicirt, lässt sich das in vielen Fällen abweichende Verhalten des oder der ersten Athemvolumina von den folgenden nicht zur Deutung der reinen Ausfallserscheinungen verwenden.

Wie bereits erwähnt, habe ich einige der mit dem Spirometer gewonnenen Curven zur quantitativen Bestimmung der Athemvolumina angewandt. Mit den eben discutirten Bestimmungen verglichen haben sie den Vortheil, dass sie ein Urtheil über die quantitativen Verhältnisse unmittelbar vor und nach der Vagusdurchtrennung gestatten, wegen der reizlosen Vollziehung dieser letzteren. Ueber einen längeren Zeitraum lassen sich diese Bestimmungen kaum ausstrecken.

		Dauer der Beobachtung			
Vers. 1.	Vor Abfrierung	66.5''	: 120 <sup>ccm</sup>	pro 10''; Frequenz 8.27	pro 10''
	Nach „ beider Vagi	58.25''	: 173.62	„	5.8
Vers. 2.	Vor Abfr.	55''	: 150	„	13.8
	„ „	53''	: 134	„	12.45
	„ „	35''	: 139	„	12.57
	Nach Abfr. 1. Vagus	41.5''	: 123.8	„	9
	„ „ 2. „	29.5''	: 111.27	„	6.44
	„ „ 2. „	98''	: 123.47	„	6.78
Vers. 3.	Vor Abfr.	124''	: 169	„	12.9
	Nach „ 1. Vagus	48''	: 177	„	11.25
	„ „ 2. „	152''	: 164	„	7.1
Vers. 4.	Vor Abfr.	186.75''	: 114	„	9.16
	Nach „ 1. Vagus	66.75''	: 116.6	„	7.5
	„ „ 2. „	95''	: 116.44	„	3.8

Von diesen Versuchen besteht in zweien, Nr. 3 und 4, das Luftquantum unverändert; in dem Versuche Nr. 1 ist eine ziemlich beträchtliche Erhöhung desselben, in Nr. 2 eine weniger bedeutende Herabsetzung zu beobachten.

Ich glaube, dass diese Versuche, welche sich auf die Verhältnisse unmittelbar nach der Vagusdurchtrennung beziehen, denselben Schluss zu ziehen erlauben wie die mit der Gasuhr ausgestellten, dass nämlich individuelle Verschiedenheiten in dem Verhalten der Athemvolumina nach der Vagusausschaltung obwalten; dass aber die Grösse der gethmeten Luftvolumina durchschnittlich keine wesentliche Veränderung durch die Ausschaltung der Vagi erleidet.

Aus der durchschnittlichen Uebereinstimmung zwischen den in den Frierversuchen gewonnenen Ergebnissen und denjenigen der Versuche mit Abschneidung der Vagi geht hervor, dass in den letzteren, nach Abklingen des durch den Scheerenschnitt gesetzten Reizzustandes, eine irgend erheblichere Reizung des abgeschnittenen Nerven durch dessen Eigenstrom und dadurch bedingte Entstellung der gewonnenen Zahlen auszuschliessen ist.

Schon seit langer Zeit sind die Erscheinungen beim Ausschalten der Vagi für die Theorie von der Bedeutung der Vagi für die Athmung verwerthet worden.

Aus den Versuchen Rosenthal's<sup>1</sup>, welcher die Athembewegungen mit seinem Phrenographen registrirte und den Fortfall der Vagi durch den Scheerenschnitt bewerkstelligte, ergab sich folgendes. Nach Durchtrennung beider Vagi nimmt die Athemfrequenz beträchtlich ab, Durchtrennung bloss des einen Nerven übt keinen merklichen Einfluss auf die Frequenz aus. Ab und zu hat er doch eine vorübergehende Verlangsamung beobachtet. Nach doppelseitiger Vagotomie ist die Tiefe jedes einzelnen Athemzuges beträchtlich vergrössert, theils wegen vermehrter Thätigkeit des Zwerchfells, theils in Folge des Wirksamwerdens accessorischer Inspirationsmuskeln. Die Athempause ist ebenfalls beträchtlich verlängert, ein Umstand, den Rosenthal als charakteristisch für die Athmung nach Vagusdurchseidung ansieht. Oft sieht man, besonders einige Zeit nach dem Eingriffe, die Athempause von einer activen Expiration mit Contraction der Bauchmuskeln und der expiratorisch wirkenden Thoraxmuskeln gefolgt. — Rosenthal hat mittelst des Spirometers Bestimmungen der Athemgrösse, d. h. der in der Zeiteinheit aufgenommenen Luftmenge, ausgeführt. Es ergab sich, dass

<sup>1</sup> Rosenthal, *Die Athembewegungen etc.* Berlin 1862. Cap. VI. S. 75.

diese Grösse nach doppelseitiger Vagusdurchtrennung sich nicht wesentlich ändert. Er spricht sich deshalb dahin aus, dass beim Kaninchen die Vagi mit dem Grade der Thätigkeit, welchen die Medulla oblongata ausübt, nichts zu thun haben, dagegen ihren Einfluss geltend machen in der Art und Weise, wie dieser bestimmte Grad von Thätigkeit sich auf eine bestimmte Zahl von Athembewegungen vertheilt.

Bei fortgesetztem Studium der Physiologie der Nervi vagi hat man auch Versuche mit mechanischer Reizung ausgeführt, wobei von den meisten Forschern der expiratorische Effect eines solchen Reizes constatirt wurde. Da der Scheerenschnitt oder das Unterbinden des Nerven natürlich mit einer Reizung verbunden ist, sind die herbei auftretenden Veränderungen in der Athmung nicht als reine Ausfallserscheinungen anzusehen. Besonders wird dies von Kohts und Tiegel<sup>1</sup> betont.

Gad<sup>2</sup> hat zum Zwecke einer reizlosen Leitungsunterbrechung in den Nervis vagis die Methode der plötzlichen Abkühlung herangezogen. Die Registrirung der Athmung geschah durch den von ihm erfundenen Aeroplethysmographen. Die normale Athemcurve, mit seinem Instrumente aufgenommen, ist charakterisirt durch die constante Steilheit des inspiratorischen und die abnehmende Steilheit des expiratorischen Curven-schenkels, welcher in eine relative oder absolute expiratorische Athempause übergeht. Deswegen sind die Curventhähler spitze Gipfel, die Curvenberge bilden Plateaus. Die Expiration überwiegt an Dauer die Inspiration. Ausschaltung des einen Vagus ändert den Athemtypus vorübergehend und in geringem Maasse in derselben Weise wie Frieren beider Vagi. Bei doppelseitiger Ausschaltung treten folgende Veränderungen auf. Die Frequenz sinkt durch Verlängerung der Inspirationsdauer; die Dauer der Expiration nimmt ab, so dass jene diese übertrifft. Was die Form der Athemcurve angeht, bezeichnet Gad diese als den Gegensatz zu derjenigen vor der Abkühlung: langandauernde, inspiratorische Athempausen, von derselben Form wie die früheren expiratorischen. Der expiratorische Curventheil ist unverändert oder hat die Form des früheren inspiratorischen angenommen. Die erste, der Abkühlung unmittelbar folgende Inspiration ist bedeutend vertieft und verlängert. Die folgenden Athemzüge vollziehen sich um eine beträchtlich tiefere Mittelstellung herum. Jeder einzelne Athemzug ist aber nicht vertieft. In Folge der auf der Höhe der Expiration noch vor-

<sup>1</sup> Kohts und Tiegel, Einfluss der Vagusdurchschneidung auf Herzschlag und Athmung. Pflüger's *Archiv*. Bd. XIII. S. 84. 1876.

<sup>2</sup> Gad, a. a. O.

handenen tetanischen Contraction der Inspirationsmuskeln ist die Arbeit der Athemmuskeln um ein beträchtliches erhöht, ihr Nutzeffect, das Athemvolumen in der Zeiteinheit, aber vermindert; die Athmung hat also an Zweckmässigkeit, diese als das Verhältniss zwischen dem Nutzeffecte und der Arbeit definirt, verloren.

Knoll<sup>1</sup> erklärt im Anschluss an seine Entdeckung von der expiratorischen Wirkung der Schwankungen im Eigenstrom des Vagus den expiratorischen Effect der Durchschneidung des Nerven in situ als von diesem Umstande bedingt. Unter Verhältnissen, wo Reizwirkungen durch den Eigenstrom ausgeschlossen waren, sah er in den meisten Fällen das Abschnüren des einen Nerven unmittelbar von einer sehr vertieften und gedehnten Inspiration gefolgt; in anderen Fällen sah er inspiratorische Stillstände, in wieder anderen Abflachung der Expiration. Diesen inspiratorischen Effect der Vagusausschaltung sieht er ebenfalls als durch Reizerscheinungen, in Folge der mechanischen Reizung complicirt an. Wie er nämlich anderen Ortes berichtet, ist nach seinen Beobachtungen der Erfolg der mechanischen Reizung ein inspiratorischer. Nach Vorübergehen dieser immer nur kurzdauernden Reizwirkung, wird die Respiration anhaltend vertieft und retardirt; das gegenseitige Verhalten der beiden Athmungsphasen ändert sich nicht; ebenso bleibt die Mittelstellung unverändert. Wird nun auch der zweite Nerv durchschnitten, vertieft und verlangsamt sich die Athmung in noch höherem Maasse. Expiratorische Athempausen oder ein Ueberwiegen der Inspiration kommt nicht vor. Ebenso wenig ändert sich die Mittelstellung des Zwerchfells.

Head<sup>2</sup> hat ebenfalls Versuche über die Erscheinungen bei doppelseitiger Leitungsunterbrechung in den Nervis vagis bei Kaninchen angestellt. Als Indicator benutzte er die Bewegungen der zwei vordersten, von der Cartilago ensiformis entspringenden Zwerchfellzipfel. Die Leitungsunterbrechung wurde erzielt entweder durch Abfrieren der Nerven unter 0°, oder durch Durchschneidung nach vorheriger Isolation des Nerven vermittelt einer nichtleitenden Unterlage. Bei Innehaltung dieser Vorsichtsmaassregel, hat der Verfasser übereinstimmende Resultate bei beiden Methoden erhalten. Aus diesem Grunde kommt er zu der Ansicht, dass die in gewöhnlicher Weise ausgeführte Vagusdurchtrennung in Uebereinstimmung mit Knoll als durch Reizung

---

<sup>1</sup> Knoll, Beiträge zur Lehre von der Athmungsinervation, Erste Mitth.: Athmung bei Erregung des Halsvagus durch seinen eigenen Strom. *Sitzungsber. d. math.-naturwiss. Cl. d. kais. Acad. d. Wiss. in Wien.* Bd. LXXXV. Abth. III. S. 301 u. folg.

<sup>2</sup> Head, a. a. O.



des Nerven durch seinen Eigenstrom complicirt anzusehen ist, dass aber die Vagi gegen mechanischen Reiz verhältnissmässig unempfindlich sind.

Einseitige Vagusdurchtrennung hat in den meisten Fällen erhöhte Intensität und Duration der Inspiration bei unverändertem Umfang der Contraction zur Folge; die Expirationen sind gewöhnlich unverändert. Zuweilen erscheint eine Verkürzung der expiratorischen Phase und ein gewisser Grad tonischer Contraction der Inspirationsmuskeln. Diese Veränderungen sind doch übergehend und binnen ca.  $1\frac{1}{2}$  Stunde hat die Athmung ihren früheren Typus angenommen.

Durchtrennung des zweiten Vagus ruft dieselben Veränderungen, nur in erhöhtem Maasse und anhaltend, hervor. Die Stärke und Dauer der Inspiration ist sehr beträchtlich erhöht. Die Contraction geschieht anfangs mit grosser, nachher mit abnehmender Geschwindigkeit, so dass der inspiratorische Curvenschenkel lang ausgezogen, mit gegen die Abscisse gerichteter Concavität erscheint. Der Umfang der Contraction ist unverändert. Die expiratorische Erschlaffung ist meistens unvollständig, in einigen Fällen vermisst man doch die tonische Contraction auf der Höhe der Expiration, wobei gleichzeitig die expiratorischen Phasen ein wenig verlängert sind.

Head beschreibt auch genauer die erste Inspiration nach der Vagusdurchtrennung. Ich komme hierauf im Folgenden zurück.

Wie aus der nun gegebenen kurzen und durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit machenden Uebersicht über die von früheren Forschern herrührenden Angaben über den hier behandelten Gegenstand hervorgeht, befinden sich meine Beobachtungen mit einigen der früheren in Einklang, mit anderen in Widerspruch. Bei den von Rosenthal mitgetheilten Angaben über den Athemtypus nach Vagusdurchtrennung brauche ich mich nicht aufzuhalten, wegen der gleichzeitig mit der Durchtrennung stattgefundenen Reizung des Nerven.

Dagegen muss ich etwas näher auf die von Gad und Head gewonnenen Resultate, die einzigen, denen Versuche über reizlos ausgeführte Ausschaltung zu Grunde liegen, eingehen. Was zuerst den allgemeinen Typus der Athmung angeht, stimmen meine Ergebnisse in allem wesentlichen mit den von diesen erhaltenen überein. Dagegen befinde ich mich in entschiedenem Widerspruche ihnen gegenüber in Betreff des Umfanges jedes einzelnen Athemzuges. Sowohl Gad wie Head berichten, dass die Tiefe jedes einzelnen Athemzuges durch die Vagusdurchtrennung nicht alterirt wird, dass aber die Mittelstellung beträchtlich tiefer wird. In keinem einzigen meiner Versuche habe ich die Tiefe der Athemzüge unverändert gesehen, sondern die Tiefe ist beträchtlich erhöht, bis aufs Doppelte und mehr. Dass dieses nicht durch

Eigenschwingungen meines Instrumentes erklärt werden kann, ist selbstverständlich. Bestenfalls ist die Tiefe jedes Athemzuges zu hoch ausgefallen, grösser als vorher bleibt er jedenfalls. Wie ich schon im Vorhergehenden näher ausgeführt, kann ich aber meinem Instrumente keine merkbaren Trägheitsschwingungen zuschreiben. Hier liegt also ein bestimmter Widerspruch vor, den ich zu erklären mir nicht zutraue.

Ferner haben sowohl Gad wie Head mitgetheilt, dass nach Vagusdurchtrennung ein ansehnlicher Grad von tonischer Contraction der Inspirationsmuskeln auf der Höhe der Expiration bestehen bleibt, dass mit anderen Worten die expiratorische Erschlaffung eine höchst unvollständige ist. In vielen von meinen Versuchen habe ich einen derartigen inspiratorischen Tonus in der That gesehen. Er ist aber nie von grossem Betrage gewesen und Curven derart, wie z. B. die von Gad mitgetheilten Nr. 29 und 30, habe ich nie gesehen. In vielen Fällen habe ich ihn vollständig vermisst. Head giebt ebenfalls an, dass nach der Vagusdurchtrennung der Regel nach die Erschlaffung der Inspirationsmuskeln eine unvollständige ist. Doch scheint er sie auch vermisst zu haben. Dieses Nichterscheinen eines inspiratorischen Tonus setzt er in Zusammenhang mit einer zu tiefen Narcose, Erschöpfung des Thieres oder Dyspnoe. Als Indicator für die tonische Contraction giebt er das Aussehen des ersten Athemzuges an. Je mehr vertieft und lang ausgezogen dieser ist, desto stärker tritt der inspiratorische Tonus in den folgenden Athemzügen hervor. Diesem kann ich nicht beistimmen. In einigen Versuchen, so z. B. Curve X, habe ich in der That eine sehr langausgezogene erste Inspiration von einem nicht unbeträchtlichen Grade tonischer Contraction gefolgt gesehen. In anderen aber, z. B. Curve V, ist die erste Inspiration von ausserordentlicher Tiefe und Duration, überhaupt die längste von mir beobachtete. Der Tonus ist aber sehr gering und scheint nach wenigen Athemzügen verschwunden zu sein. Auch die Curve XII, die durch eine langausgezogene erste Inspiration gekennzeichnet ist, wo aber ein Tonus der Inspirationsmuskeln vermisst wird, bezeugt dasselbe. Ein treppenförmiges Anwachsen der expiratorischen Verschlaffung in den der ersten Inspiration folgenden Athemzügen habe ich ebenfalls beobachtet, so in den Curven VIII, X, XI, dieses Verhalten scheint aber nicht mit dem Aussehen der ersten Inspiration zusammenzuhängen. Dagegen scheint mir ein Zusammenhang zwischen diesem allmählichen Anwachsen der Expirationen und dem Grade der tonischen Contraction in den folgenden Athemzügen vorzuliegen, insofern, dass, wo dieses Verhalten der Expirationen beobachtet wird, ein mehr oder weniger ausgeprägter Tonus besteht. Dass, wie Head es behauptet, ein inspiratorischer Tonus immer

von einem derartigen Ansteigen der Expirationen vorausgegangen sein sollte, ist aber nicht der Fall. In der Curve VI, wo ein ganz deutlicher inspiratorischer Tonus in Folge der Ausschaltung der Vagi eintritt, wird es vollständig vermisst. Auch aus anderen hier nicht reproducirten Curven geht dasselbe zu Genüge hervor.

Das Ausbleiben der charakteristischen Inspiration unmittelbar nach der Vagusdurchtrennung kann ich auch nicht wie Head es thut irgend welchen dem Thiere anhaftenden ungünstigen Umständen zuschreiben. Ich glaube eher, dass hierbei die verschiedene Plötzlichkeit in der Leitungsunterbrechung von Belang ist, dieses aus dem Grunde, dass das Aussehen der Curve nach einigen Athemzügen meistens ganz dasselbe ist, gleichgültig ob die erste tiefe Inspiration auftritt oder der neue Athemtypus sich allmählich einstellt.

In Folge Gad ist nach Vagusdurchtrennung die auf die Athmung verwendete Arbeit erhöht. In seinen Curven ist ja ein beträchtlicher Grad von Tonus der Inspirationsmuskeln vorhanden, zuweilen so hochgradig, dass das Niveau der Curventhäger demjenigen der Curvengipfel nach der Vagusdurchtrennung entspricht. Die verminderte Frequenz kann natürlich einen so hochgradigen Tonus nicht compensiren. — Auch aus meinen Curven geht hervor, dass die Athemmuskelarbeit erhöht ist in Folge des Ausfalles der Vagi. Wo ein inspiratorischer Tonus vorhanden ist, ist es ja einleuchtend, dass, wenn das Athemvolumen nicht vermindert ist, die Arbeit der Muskeln erhöht sein muss schon in Folge dieses Tonus. Aber auch wo dieser nicht besteht, sondern die Erschlaffung nach wie vor vollständig ist, glaube ich, dass man in einem Falle wie der vorliegende, wo die Athemvolumina unverändert, die Tiefe erhöht, die Zahl vermindert ist, eine erhöhte Arbeit annehmen muss. Dieses aus dem Grunde, dass bei zunehmender Erweiterung des Thorax der Widerstand, welchen die Athemmuskeln zu überwinden haben, die Elasticität der Lungen und des Thorax, sowie der Druck in der Bauchhöhle, ein stetig wachsender ist. Ausserdem ist die Form des inspiratorischen Curvenschenkels, ausgezeichnet durch das mehr oder weniger langwierige Verharren in maximaler Contraction, zu beachten als ein Umstand, welcher die Arbeit der Inspirationsmuskeln um ein Beträchtliches in die Höhe treiben muss.

Wie ich bereits mitgetheilt, haben meine Versuche ergeben, dass das Athemvolumen in der Zeiteinheit durch die Vagusausschaltung der Regel nach nicht vermindert ist. Ich befinde mich in dieser Hinsicht in Uebereinstimmung mit Rosenthal. Auch Loewy giebt an, die Athmung nach Vagusdurchtrennung bleibe in quantitativer Hinsicht wesentlich unverändert; irgend welche Belege theilt er nicht mit. Gad

aber ist der Meinung, das Athemvolumen sei vermindert. Directe Versuche hierüber hat er nicht angestellt, er stützt sich ausschliesslich auf das Ergebniss seiner Curven: verminderte Frequenz, unveränderte Tiefe des einzelnen Athemzuges.

Aus seinen Erfahrungen zieht nun Gad den Schluss, die Athmung habe nach der Vagusdurchtrennung an Zweckmässigkeit in hohem Grade verloren, unter Zweckmässigkeit das Verhalten zwischen Nutzeffect der Arbeit und der Arbeit selbst verstanden. Meine Beobachtungen berechtigen zu derselben Folgerung: erhöhte Arbeit, unveränderter Nutzeffect, also verminderte Zweckmässigkeit. Anscheinend würde also das Factum der unveränderlichen Grösse der Athemvolumina für eine Auffassung sprechen, welche mit der von Rosenthal vertretenen übereinstimmt, wenn man die von ihm angewandten Termini „Thätigkeit der Medulla obl.“, „Athemmuskelarbeit“ gegen „Athemvolumina“ oder „Nutzeffect der Athemmuskelarbeit“ austauscht. Diese Auffassung liesse sich folgendermaassen ausdrücken: Die Vagi üben keinen Einfluss auf die geathmeten Luftvolumina aus, machen sich aber geltend in Betreff der Art und Weise, wie dieses bestimmte Athemvolumen sich auf eine bestimmte Zahl von Athembewegungen vertheilt. Eine solche Auffassung hat, glaube ich, doch keine Berechtigung. Es lässt sich ja denken, dass die Vagi einen derartigen Einfluss auf die geathmeten Luftvolumina ausüben, dass aber bei Ausfall der Vagi andere Einflüsse vicariirend eintreten und diese von den Vagis sonst besorgte Regulation der Athemvolumina übernehmen, gleichgültig, ob diese Einflüsse durch vorher in dieser Beziehung gänzlich unwirksame Bahnen auf das Athemcentrum übertragen werden oder schon voraus bei dieser Regulation wirksame Bahnen dieselbe nunmehr allein zu besorgen haben. Für eine solche Auffassung scheinen mir die von Marckwald und Loewy mitgetheilten Beobachtungen zu sprechen. Wie bekannt, hat Marckwald<sup>1</sup> den ungemein grossen Einfluss des gleichzeitigen Ausfalles der oberen Hirnbahnen und der Vagi auf die Athmung nachgewiesen. Wird die Medulla oblongata oberhalb des Athemcentrums durchtrennt, bleibt die Athmung der Regel nach der normalen vollkommen ähnlich. Werden nun beide Vagi durchschnitten, ändert sich die Athmung in sehr auffallender Weise. Die Athmung wird in hohem Maasse verlangsamt und dyspnoisch, durch Inspirationskrämpfe von beträchtlicher Dauer ausgezeichnet. Durchtrennt man in umgekehrter Ordnung am unversehrten Kaninchen zuerst die Vagi, so ändert sich die Athmung: sie wird langsamer und tiefer, aber durchaus regelmässig. Eine anfangs bestehende Dyspnoe geht rasch

<sup>1</sup> Marckwald, a. a. O. S. 45, 70, 76 des S.-A.

vorüber und von Athemkrämpfen ist nichts zu sehen. Werden nun die oberen Hirnbahnen ausgeschaltet, so ändert sich die Athmung in derselben Weise, wie wenn die Ausschaltung in umgekehrter Ordnung erfolgte.

Loewy<sup>1</sup> hat diese Versuche wiederholt und ausserdem die quantitativen Verhältnisse der Athmung beobachtet. Seine Angaben stehen in vollkommener Uebereinstimmung mit denjenigen Marckwald's. Die Ausschaltung der oberen Bahnen übt keinen wesentlichen Einfluss auf die Respiration aus. Frequenz und Rhythmus der Athembewegungen blieb annähernd unverändert, ebenso die Athmolumina. Wurden nun beide Vagi durchschnitten, so wurde die Athmung ausserordentlich verlangsamt. Der Athmungsrhythmus wurde in hohem Grade alterirt. Die Athmolumina der Zeiteinheit waren stets gegen vorher verringert, und zwar mindestens um die Hälfte. Die Athmung wird vertieft, d. h. jeder einzelne Athemzug vergrössert. — Ohne Belege anzuführen giebt Loewy an, durch Ausfall der Vagi allein werde Verlangsamung und Vertiefung der Athmung zu Stande gebracht, „ohne dass die Athmung wesentlich geändert wird.“ Wie ich schon in Obigem erwähnt habe, scheint mir dieser Ausdruck so aufzufassen zu sein, dass die Athmolumina pro Zeiteinheit unverändert bleiben. — Kurz: Ausfall der Vagi allein bringt keine wesentliche Veränderung der Athmung hervor, ebensowenig wie alleiniger Ausfall der Hirnbahnen; Ausschaltung beider ändert die Athmung in höchst wesentlichem Maasse. Loewy schliesst hieraus völlig richtig auf einen bedeutenden Einfluss der Hirnbahnen auf die Athmung, obgleich ihr alleiniger Ausfall die Athmung nicht beeinflusst.

Ich glaube, dass diese Versuche, sowie die von mir mitgetheilten Beobachtungen sich in ganz ähnlicher Weise für die Frage von der Bedeutung der Vagi verwenden lassen. Dass die Vagi unter Umständen von einschneidender Bedeutung auf die quantitativen Verhältnisse der Athmung sein können, geht ja unmittelbar aus den Versuchen von Marckwald und Loewy hervor. Dass sie unter normalen Verhältnissen einen derartigen Einfluss ausüben, kann zwar nicht direct bewiesen werden, scheint aber aus dem nun Mitgetheilten in hohem Grade wahrscheinlich. Wäre es nicht der Fall, so müsste nach Fortfall der Hirnbahnen, vorausgesetzt diese seien die normal allein wirksamen, eine wenn auch nur kurze Periode verminderter Athemgrösse vorhanden sein und

---

<sup>1</sup> Loewy, Experimentelle Studien über das Athemcentrum in der Med. oblongata und die Bedingungen seiner Thätigkeit. Pflüger's *Archiv*. Bd. XLII. S. 245. 1888.

die Retablirung der früheren quantitativen Verhältnisse nur allmählich erfolgen, da ja zahlreiche Beispiele aus anderen Gebieten ergeben, dass ein Wirksamwerden von vorher in einer gewissen Beziehung unthätigen Bahnen sich nie plötzlich einstellt, sondern immer eine gewisse Zeit erfordert. Von einer solchen Periode ist in den Versuchen Loewy's nichts zu sehen.

Als Ergebniss der vorliegenden Untersuchung ergibt sich also folgende Auffassung von dem Einfluss der Nervi vagi auf die Athmung, soweit er aus den Ausfallserscheinungen sich beurtheilen lässt. Die Vagi üben einen wesentlichen Einfluss aus auf die Art und Weise, wie die geathmeten Luftvolumina sich auf eine grössere oder geringere Zahl von Athembewegungen vertheilen; und vollzieht sich diese Vertheilung mit grösserer Zweckmässigkeit, d. h. mit geringerem Aufwand von Arbeit bei beibehaltenen als bei ausgeschalteten Vagis. Die in der Zeiteinheit geathmeten Luftvolumina bleiben aber von der Ausschaltung der Vagi unberührt. Am unversehrten Thiere betheiligen sich die Vagi und die oberen Hirnbahnen an der Regulirung der quantitativen Verhältnisse. Bei Ausschaltung der einen oder anderen Bahn übernimmt die noch intacte allein diese Regulation.

---

## Versuchstabellen.

## Versuch 1.

Vor der Vagusdurchtrennung.				Nach der Vagusdurchtrennung.			
Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10" in ccm	Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10" in ccm
1	12·15	150	111	1	1·29	259	64
2		181	92	2	1·34	229	72
3		161	103	3		204	81
4		175	95	4		188	88
5		178	93	5	1·46	147	113
6		180	92	6		180	92
7		180	92	7		203	82
8		190	87	8		198	84
9		183	91	9		177	94
10		193	86	10	2·01	179	93
11		167	100	11		162	102
12		189	88	12		164	101
13		178	93	13		164	101
14		180	92	14		149	112
15		176	94	15	2·14	156	106
16		181	92	16		168	99
17		167	100	17		169	98
18		176	94	18	2·46	154	108
19		173	96	19		138	120
	1·15			20		159	104
				21		169	98
				22	2·59	144	115
				23		153	108
				24		145	114
				25		140	119
				26	3·13	145	114
				27		164	101
				28		177	94
				29		150	111
				30	3·36	181	92
				31		194	85
				32		208	80
				33		272	61
					3·51		

## Versuch 2.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	12-18	115	145
2		119	140
3		97	172
4		100	167
5		102	163
6		89	187
7		97	172
8		95	175
9		92	181
10		92	181
11		88	189
12		87	191
13		96	173
14		92	181
15		88	189
16		100	167
17		99	168
18		103	162
19		95	175
20		103	162
21		105	159
22		106	157
23		103	162
24		112	149
25		113	147
26		113	147
27		121	138
28		133	125
29		106	157
30		115	145
	1-23		

## Nach der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	1-34	139	120
2		163	102
3		167	100
4		163	102
5	1-47	161	103
6		162	103
7		165	101
8		143	116
9	2-04	143	116
10		146	114
11		149	110
12		153	109
13	2-17	145	115
14		145	115
15		159	105
16		151	110
17		139	120
18	2-30	150	111
19		152	109
20		132	126
21		141	118
22		140	119
23	2-43	144	116
24		155	107
25		129	129
26		144	116
27		151	110
28	2-56	149	111
29		146	114
30		139	120
31		120	139
32		144	116
33	3-25	140	119
34		136	122
35		139	120
36		140	119
37		150	111
	3-38		



## Versuch 3.

Vor der Vagusdurchtrennung.				Nach der Vagusdurchtrennung. (Forts.)			
Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm	Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	12-14	142	117	14	2-40	164	102
2		143	116	15		162	103
3		144	116	16		159	105
4		143	116	17		145	115
5		144	116	18		159	105
6		141	118	19	177	94	
7		148	112	20	162	103	
8		163	102	21	2-54	166	100
9		156	107	22		172	97
10		158	105	23	159	105	
11		170	98	24	158	105	
12		183	91	25	171	97	
13		176	95	26	3-08	157	106
14		202	82	27		144	116
15		185	90	28		153	109
16		155	107	29	162	103	
17		186	89	30	161	103	
18		193	86	31	3-20	170	98
19		191	87	32		147	113
20	1-20	174	96	33	152	109	
				34	170	98	
				35	140	119	
				36	3-33	149	111
				37		154	108
				38		154	108
				39	150	111	
			40	153	109		
1	1-27	194	86	41	3-45	142	117
2		208	80	42		156	107
3		176	95	43		158	105
4	1-40	191	87	44	3-57	162	103
5		171	97	45		153	109
6		158	105	46		151	110
7	1-53	178	94	47	137	122	
8		176	95	48	147	113	
9		176	95	49	163	102	
10	2-27	167	100				
11		158	105				
12		161	103				
13		153	109				

## Versuch 4.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	1.54	149	110
2		164	102
3		151	110
4		164	102
5		181	92
6		174	96
7		170	98
8		190	88
9		184	90
10		190	88
11		202	82
12		176	95
13		183	91
14		191	87
15		179	93
16		174	96
17		176	95
18		173	96
19		156	107
20		154	108
2.52			

## Nach der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	2.54	328	51
2	3.03	313	53
3		286	58
4	3.14	252	66
5	3.33	180	92
6		185	90
7		174	96
8		174	96
9	3.45	171	97
10		168	99
11		164	102
12		175	95
13		159	105
14	3.59	160	104
15		170	98
16		159	105
17		165	101
18		162	103
19	4.12	161	103
20		160	104
21		170	98
22		159	105
23		157	106
24	4.26	167	100
25		165	101
26		185	90
27		174	96
28		162	103
29	4.40	160	104
30		155	107
31		146	114
32		155	107
33		164	102
34	4.53	161	103
35		167	100
36		170	98
37		163	102
5.04			

## Versuch 5.

Vor der Vagusdurchtrennung.				Nach der Vagusdurchtrennung. (Forts.)			
Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm	Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	12.41	96	173	6	2.16	130	128
2		98	170	7		150	111
3		89	187	8		141	118
4		98	170	9		139	120
5		100	167	10		132	126
6		101	165	11	129	129	
7		100	167	12	127	131	
8		105	159	13	2.80	133	125
9		96	173	14	133	125	
10		89	187	15	124	134	
11		100	167	16	119	140	
12		97	172	17	125	133	
13		107	156	18	124	134	
14		115	145	19	123	135	
15		116	143	20	2.45	127	131
16		106	157	21	120	139	
17		115	145	22	127	131	
18		118	141	23	120	139	
19		119	140	24	121	138	
20		127	131	25	120	139	
21		118	141	26	2.57	124	134
22		98	170	27	126	132	
23		120	139	28	122	136	
24		124	134	29	122	136	
25		128	130	30	119	140	
26		138	121	31	124	134	
27		131	127	32	124	134	
28		137	122	33	3.11	119	140
29		122	136	34	119	140	
30		134	124	35	118	141	
31		149	111	36	123	135	
32		162	103	37	121	138	
33		151	110	38	119	140	
34		147	113	39	120	139	
35		156	107	40	3.25	123	135
36		152	109	41	127	131	
37		152	109	42	129	129	
38		153	109	43	122	136	
39		132	126	44	119	140	
				45	3.37	116	143
				46		103	162
				47		111	150
				48		122	136
				49		129	129
Nach der Vagusdurchtrennung.				50	3.53	124	134
1	2.04	116	143	51		129	129
2		112	149	52		130	128
3		116	143	53		127	131
4		119	140				
5		117	142				

## Versuch 6.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	12-37	131	127
2		121	138
3		95	175
4		106	157
5		111	150
6		102	163
7		107	156
8		123	135
9		117	142
10		124	134
11		134	124
12		127	131
13		125	138
14		120	139
15		109	153
16		123	135
17		129	129
18		134	124
19		157	106
20		153	109
21		156	107
22		168	99
23		170	98
24		167	100
25		175	95
26		137	122
27		167	100
28		184	90
29		166	100
30		161	103
31		160	104
32		156	107
33		150	111
34		150	111
35	1-58	139	120

## Nach der Vagusdurchtrennung.

1	2-00	132	126
2		152	109

## Nach der Vagusdurchtrennung. (Forta.)

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
3		131	127
4		121	138
5		123	135
6		122	136
7	2-13	108	154
8		116	143
9		124	134
10		108	154
11		123	135
12		116	143
13		120	139
14	2-27	114	146
15		117	142
16		111	150
17		109	153
18		121	138
19		109	153
20		115	145
21	2-40	111	150
22		106	157
23		109	153
24		111	150
25		106	157
26		108	154
27		113	147
28	2-53	110	151
29		91	183
30		117	142
31		115	145
32		113	147
33		114	146
34		103	162
35	3-06	115	145
36		116	143
37		113	147
38		124	134
39		115	145
40		120	139
41		105	159
42	3-19	119	140

## Versuch 7.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10'' in ccm
1	12-28	90	185
2		93	179
3		101	165
4		90	185
5		94	177
6		97	172
7		100	167
8		103	162
9		105	159
10		101	165
11		98	170
12		108	154
13		104	160
14		93	179
15		100	167
16		98	170
17		104	160
18		108	154
19		101	165
20		105	159
21		103	162
22		106	157
23		100	167
24		102	163
25		94	177
26		104	160
27		100	167
28		105	159
29		112	149
30		112	149
31		112	149
32		106	157
33		110	151
34		111	150
35		112	149
36		118	141
37		95	175
38		106	157
39		112	149
40		114	146
41		107	156
42		113	147
43		111	150
44		115	145
45		112	149
46		108	154

## Vor der Vagusdurchtrennung. (Forts.)

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10'' in ccm
47	1-58	109	153
48		115	145
49		107	156
50		97	172
51		107	156

## Nach der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10'' in ccm
1	2-01	135	123
2		156	107
3		169	98
4		174	96
5		175	95
6		166	100
7	2-14	175	95
8		163	102
9		162	103
10		169	98
11		152	109
12		170	98
13		170	98
14		163	102
15		164	102
16	2-42	161	103
17		160	104
18		149	111
19		164	102
20		157	110
21		159	105
22	2-55	159	105
23		154	108
24		156	107
25		130	128
26		152	109
27		157	106
28	3-08	154	108
29		138	121
30		144	116
31		153	109
32		151	110
33		145	115
34		146	114
35		145	115
36		144	116
	3-35		

## Versuch 8.

Vor der Vagusdurchtrennung.

Vor der Vagusdurchtrennung. (Forts.)

Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10" in ccm
1	12-21	88	189
2		88	189
3		88	189
4		87	191
5		84	198
6		88	189
7		94	177
8		90	185
9		88	189
10		94	177
11		93	179
12		96	173
13		95	175
14		89	187
15		90	185
16		99	168
17		98	170
18		95	175
19		100	167
20		101	165
21		93	179
22		108	154
23		102	163
24		105	159
25		110	151
26		114	146
27		108	154
28		117	142
29		115	145
30		115	145
31		125	133
32		117	142
33		125	133
34		126	132
35		115	145
36		119	140
37		131	127
38		136	122
39		129	129
40		138	121
41		131	127
42		134	124
43		144	116
44		145	115
45		137	122
46		137	122
47		144	116
48		145	115
49		146	114
50		120	139
51		143	116
52		140	119

Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10" in ccm
53		148	112
54		146	114
55		143	116
56		137	122
57		138	121
58		139	120
59		126	132
60		132	126
61		133	125
	2-19		

Nach der Vagusdurchtrennung.

1	2-20	97	172
2		117	142
3		125	133
4		122	136
5		126	132
6		123	135
7		109	153
8	2-34	105	159
9		113	147
10		111	150
11		113	147
12		119	140
13		124	134
14		124	134
15	2-47	117	142
16		124	134
17		120	139
18		123	135
19		123	135
20		136	122
21		124	134
22	3-01	122	136
23		123	135
24		121	138
25		129	129
26		126	132
27		133	125
28	3-14	135	123
29		130	128
30		126	132
31		123	135
32		130	128
33		113	147
34	3-27	141	118
35		138	121
36		130	128
37		134	124
38		134	124
	3-40		

## Versuch 9.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	12.22	107	156
2		110	151
3		105	159
4		97	172
5		110	151
6		107	156
7		106	157
8		115	145
9		108	154
10		107	156
11		122	136
12		113	147
13		111	150
14		121	138
15		116	143
16		121	138
17		133	125
18		130	128
19		131	127
20		147	113
21		147	113
22		153	109
23		171	97
24		166	100
25		180	92
26		190	88
27		185	90
28		175	95
29		184	90
30		176	95
31		174	96
32		167	100
33		160	104
34		173	96
35		189	88
36		170	98
37		164	102

## Vor der Vagusdurchtrennung. (Forts.)

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
38		167	100
39		167	100
40		161	103
41		158	105
42		159	105
	2.04		

## Nach der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10" in ccm
1	2.15	120	139
2		157	106
3		163	102
4		152	109
5		163	102
6	2.28	146	114
7		141	118
8		178	94
9		164	102
10		127	131
11	2.40	169	98
12		180	92
13		158	105
14		189	88
15		112	149
16	2.53	166	100
17		179	93
18		163	102
19		173	96
20		191	87
21	3.08	187	89
22		150	111
23		190	88
24		177	94
25	3.20	164	102
26		169	98
27		159	105
28		182	91
	3.31		

## Versuch 10.

## Vor der Vagusdurchtrennung.

## Nach der Vagusdurchtrennung.

Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10'' in ccm	Nr.	Lau- fende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athem- volumen pro 10'' in ccm
1	12·34	169	98	1	2·01	100	167
2		171	97	2		110	151
3		194	86	3		159	105
4		181	92	4		154	108
5		184	90	5		164	102
6		187	89	6	2·12	153	109
7		189	88	7		166	100
8		182	91	8		144	116
9		182	91	9		155	107
10		188	89	10		153	109
11	1·59	197	84	11	2·25	150	111
12		208	80	12		158	105
13		198	84	13	2·28	155	107
14		201	82	14		141	118
15		199	83	15	2·40	129	129
16		188	89	16		157	106
17		182	91	17		284	59
18		172	97	18	2·52	344	48
19		161	103	19		300	55
20		183	91	20		276	60
21		206	81	21	3·07	269	62
22		171	97	22		244	68
23		163	102	23		254	66
24		162	103	24	3·20	270	62
25		162	103	25		258	65
26		155	107	26		263	63
27		169	98	27	3·33	266	63
28		159	105	28		245	68
				29		251	66
					3·46		



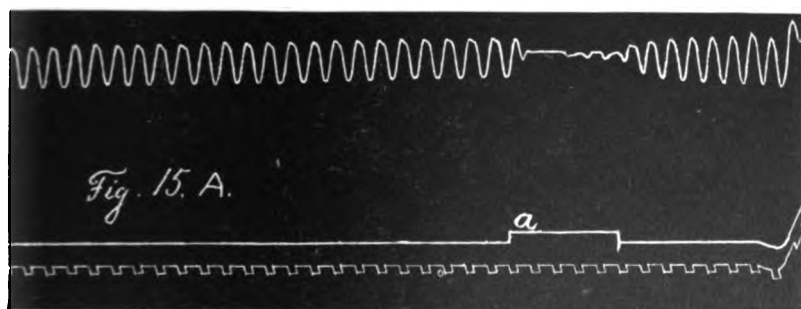
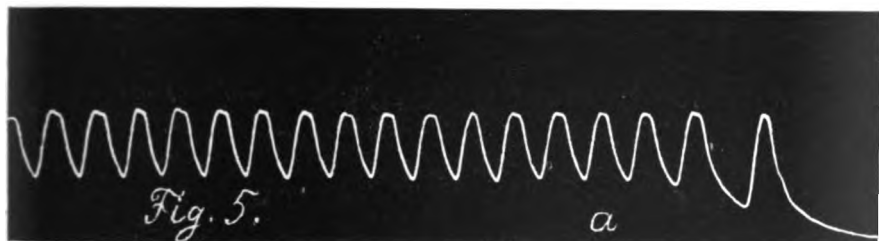
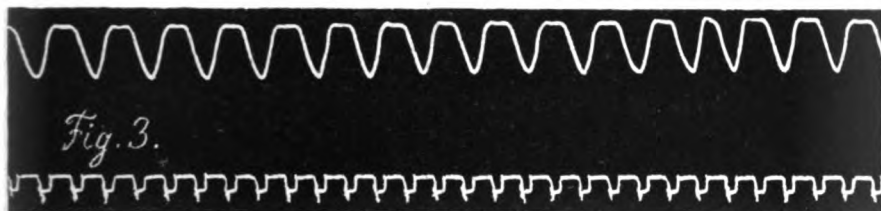
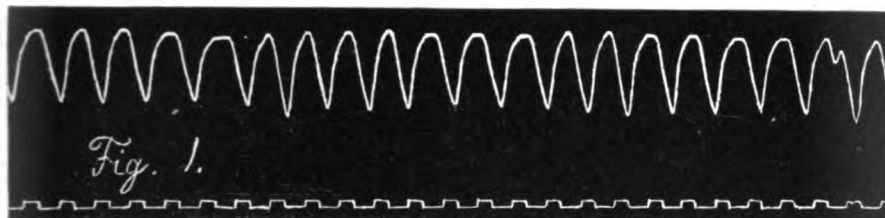
## Versuch 11.

Vor der Vagusdurchtrennung.				Nach der Vagusdurchtrennung.			
Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10'' in ccm	Nr.	Laufende Zeit	Dauer eines Uml. in Sec.	Athemvolumen pro 10'' in ccm
1	1-04	384	43	1	2-15	391	43
2		385	43	2	2-22	366	45
3		322	52	3	2-37	361	46
4		356	47	4		349	48
5		351	47	5		351	47
6		339	49	6	2-53	373	45
7		326	51	7		338	49
8		358	46	8	3-06	359	46
9		339	49	9		376	44
10		378	44	10	3-18	356	47
11	2-10	385	43	11		363	46
				12		357	47
				13	3-36	359	46
				14		359	46
				15		371	45
					3-54		

## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. V u. VI.)

- Fig. 1—4. Normale Atemcurven bei chloralisirten Kaninchen.  
 Fig. 5. Bei *a* werden die beiden Vagi gefroren.  
 Fig. 6, 7. Bei *a* wird der eine, bei *b* der zweite Vagus gefroren.  
 Fig. 8. Bei *a* werden die beiden Vagi gefroren.  
 Fig. 9. Bei *a* wird der eine, bei *b* der zweite Vagus gefroren.  
 Fig. 10. Bei *a* werden die beiden Vagi gefroren; bei *x* beginnt die Aufthauung.  
 Fig. 11. Beide Vagi gefroren.  
 Fig. 12. Beide Vagi gefroren; bei *x* beginnt die Aufthauung.  
 Fig. 13, 14. Beide Vagi gefroren; bei *x* beginnt die Aufthauung.  
 Fig. 15. S. Seite 301.





Leip:



ipzi



# Experimentelle Untersuchungen über die Wehenthätigkeit des menschlichen Uterus bei der physiologischen Geburt.<sup>1</sup>

Von

**Dr. F. Westermarck,**

Docent der Obstetrik und Gynäkologie am Carolinischen medico-chirurgischen Institute in Stockholm.

---

(Hierzu Taf. VII—IX.)

---

## Geschichtliche Einleitung.

Schatz ist der erste Autor gewesen, der nach einer exacten Methode Untersuchungen über den intrauterinen Druck bei der Geburt ausgeführt hat. Zu diesem Zwecke brachte er eine Kolpeurynterblase in den Uterus, füllte die Blase mit Wasser und vereinigte sie mittels eines Schlauches mit dem unpaarigen Aste einer T-Canüle. Diese stand ihrerseits mit zwei Quecksilbermanometern in Verbindung. Das eine Manometer schrieb die Uteruscontractionen auf die Trommel eines Kymographions auf; das andere hatte hauptsächlich den folgenden Zweck: Da die von dem ersten Manometer gezeichneten Curven auf verschiedene Linien aufgetragen wurden, musste man für jede neue Linie mindestens einen mit dem der übrigen gleich normirten Druckwerth haben, damit man im Stande war, für alle Linien die gleichen Abscisse zu ziehen. Dieser Druckwerth wurde durch Ablesen am zweiten Manometer erhalten. Die Leitung zum ersten Manometer war mit Wasser, diejenige zum zweiten mit Luft gefüllt. Wenn die Blase mit oder nach dem Kinde ausgestossen war, wurde die Null-Linie für die Curven dadurch bestimmt, dass die Blase in die Höhe des Beckeneinganges gebracht und der Höhenstand der beiden Manometer bemerkt wurde. Der dann noch vorhandene Druck wurde von

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 24. August 1892.

dem auf jeder Linie in der Wehenpause bemerkten Drucke abgezogen und so die Null-Linie für alle Linien erhalten.<sup>1</sup>

Einige Jahre später construirte Poulet einen besonderen Apparat, den Tocograph, um sowohl den von der Contraction der Bauchmuskeln bedingten Druck an und für sich, als auch die Summe dieses Druckes und des intrauterinen Druckes zu bestimmen. Zu diesem Zwecke brachte er je eine Blase in den Uterus und in das Rectum oberhalb des Kopfes des Kindes und vereinigte sie durch Schläuche mit je einem registrirenden Quecksilbermanometer. Bei diesen Versuchen scheint er die Null-Linie der Curve nicht bestimmt zu haben.<sup>2</sup>

Polailion legte in den Uterus gleich oberhalb des Cervix eine Kautschukblase von 80 <sup>ccm</sup> Inhalt. Diese Blase war mit einem Schlauche verbunden, durch welchen die Blase nach der Einführung in den Uterus gefüllt wurde. Durch eine T-Canüle wurde dann der Schlauch einerseits mit einem Quecksilbermanometer, anderseits mit einem dünnwandigen Gummiballon verbunden. Dieser war in einem luftdicht zugeschlossenen Gefäß eingesetzt („Uteroscope“). Die Leitungen zum Quecksilbermanometer und dem Gummiballon waren mit Wasser gefüllt; das Uteroskop enthielt Luft. Das Uteroskop war seinerseits mit einer Registrirtrommel Marey's verbunden. Polailion scheint in der Weise die Null-Linie bestimmt zu haben, dass er die Blase immer mit der gleichen Wassermenge füllte. Uebrigens bespricht er diese Frage nicht näher.<sup>3</sup>

Acconci hat einen Apparat benutzt, der demjenigen von Polailion sehr ähnlich ist; nur hat er die Registrirtrommel durch ein Quecksilbermanometer ersetzt. Weil er keine absoluten Werthe der Druckschwankungen im Uterus zu bestimmen sucht, sondern nur die Form der Druckcurve studirt, um daraus Schlussfolgerungen in Bezug auf die Einwirkung verschiedener Arzneimittel auf die Uteruscontractionen zu ziehen, berücksichtigt er die Null-Linie der Curve gar nicht.<sup>4</sup>

Döhnhoff untersuchte die Differenz des intrauterinen Druckes bei wachem Zustande und bei Chloroform-Narcose. Da er nicht beabsichtigt absolute Werthe zu finden, macht er auch keine Bestimmungen der Null-Linie.<sup>5</sup>

Gegen die Untersuchungen von Schatz, Poulet und Polailion kann bemerkt werden, dass dabei zu grosse Blasen benutzt worden

<sup>1</sup> Schatz, *Archiv f. Gynäkologie*. 1872. Bd. III. S. 58.

<sup>2</sup> Poulet, *Archives de Tocologie*, Fevrier 1880.

<sup>3</sup> Polailion, *Archives de Physiologie*. 1880. S. 1.

<sup>4</sup> Acconci, *Sulla contrazione e sull'inertia dell'utero*. Torino 1891.

<sup>5</sup> Döhnhoff, *Archiv f. Gynäkologie*. 1892. Bd. XLII. S. 305.

sind. Wenn es gilt, beim graviden Uterus absolute Werthe zu bestimmen, kann es keineswegs gleichgültig sein, wenn die schon vorher stark ausgedehnte Uteruswand von einem 80<sup>cem</sup> und mehr fassenden Ballon noch mehr ausgedehnt wird. Freilich hat Schatz den Inhalt seiner intrauterinen Blasen nicht angegeben, da er sie aber als gewöhnliche Kolpeurynter-Blasen bezeichnet, darf man wohl annehmen können, dass sie wenigstens 200<sup>cem</sup> gefasst haben.

Ferner begegnet es grossen Schwierigkeiten, eine so grosse Blase in den Uterus einzubringen, besonders wenn sie so hoch, wie es Schatz gethan hat, und wie es auch mir nothwendig erscheint, hineingeführt werden soll. Daher ist Schatz genöthigt gewesen, seine Kranken zu chloroformiren und seine ganze Hand in die Scheide einzuführen, was wohl als ein ziemlich grosser Eingriff bezeichnet werden muss, da es sich ja nur um ein Experiment handelt. Polaillon hat sich damit begnügt, die Blase gleich oberhalb des Muttermundes anzubringen; die Folge davon ist aber auch die gewesen, dass die Blase herausgefallen ist, sobald sich der Muttermund in einem genügenden Grade eröffnet hat. Ferner ist es auch möglich, dass der intrauterine Druck ein anderer ist als der Druck unterhalb des vorliegenden Theiles.

Die von Schatz benutzte Blase leidet noch unter einem anderen Uebelstand. Sie muss nämlich gefüllt werden, nachdem sie zuerst in den Uterus eingebracht worden ist: die Null-Linie ist also unbekannt, bis die Blase herausfällt. Wenn man also durch irgend eine Ursache gezwungen ist, die Blase im Verlaufe des Versuches herauszunehmen und sie also zu entleeren, so erhält man keine Null-Linie und der Versuch ist zu absoluten Bestimmungen nicht verwendbar.

Aus diesem allen geht hervor, dass die bei derartigen Versuchen zu benutzende Blase klein, leicht einzuführen und herauszunehmen sein muss, sowie dass sie vor dem Einführen unter einem bekannten Druck zu füllen ist.

Eine, an einem Uteruskatheter angebrachte, ein abgeschlossenes System bildende und unter einem bekannten Drucke gefüllte Blase muss also in den Uterus eingeführt und mit einem Manometer verbunden werden. Wegen der Kleinheit der Blase darf die Flüssigkeitsverschiebung nur eine minimale sein, und daher sind weder Quecksilbermanometer noch Gummischläuche hier zu verwenden. Grund dessen habe ich bei den in dieser Abhandlung mitzutheilenden Versuchen ein elastisches Manometer und starre Rohre benutzt.



## Erstes Capitel.

## Die Versuchsanordnung.

## 1. Der Uteruskatheter und die Blase (Fig. 1).

Der Uteruskatheter dient, um die Blase in den Uterus einzuführen und die Verbindung zwischen derselben und der Leitung zum Manometer zu vermitteln. Er muss es erlauben, die Blase ausserhalb des Uterus mit Wasser unter bekanntem Druck zu füllen und von einem genügend biegsamen Material hergestellt werden, um sich dem Kopfe des Kindes, als derselbe das Becken passirt, anschmiegen zu können. Dabei darf der Katheter aber nicht so nachgiebig sein, dass seine Lichtung von dem Kopfe des Kindes zgedrückt wird. Endlich — last but not least — muss er ohne Schwierigkeit aseptisch gehalten werden können.

Ich glaube, dass der von mir construirte und von Herrn Stille hergestellte Uteruskatheter diese Bedingungen erfüllt.

Der Katheter (Fig. 1) besteht aus einem 37<sup>cm</sup> langen, feinsilbernen Rohre mit einem äusseren Durchmesser von 5<sup>mm</sup> und einem lichten Durchmesser von 3<sup>mm</sup>. Der Theil des Katheters, der in den Genitalcanal eingeführt wird, ist, um Läsionen zu vermeiden, in einer Länge von 22<sup>cm</sup> auf der einen Seite platt; sonst ist der Querschnitt des Katheters rund. 1.5<sup>cm</sup> und 1.0<sup>cm</sup> von dem uterinen Ende des Katheters entfernt, findet sich je eine 1<sup>mm</sup> hohe, ringförmige Erhebung, welche die Blase vom Abgleiten verhindern sollen. Am uterinen Ende des Katheters ist ein Gerüst *C* angebracht, welches es verhindern soll, dass sich die Blase faltet und die Mündung des Katheters zuschliesst. Das Gerüst besteht aus 4 feinsilbernen Stäbchen von 2<sup>cm</sup> Länge. Sie sind am freien Ende des Rohres gelöthet und nach aussen durch eine Kugel von 5<sup>mm</sup> Durchmesser vereinigt. Durch diese Vorrichtung ist die Communication zwischen dem Blaseninhalt und der Rohrleitung sichergestellt, ohne dass dadurch die nöthige Flüssigkeitsverschiebung erschwert wird.

Das äussere Ende des Katheters ist mit einem Hahn (*a*) zugeschlossen; nach aussen von diesem Hahne findet sich ein Schraubengewinde, welches die Verbindung des Katheters mit der Leitung zum Manometer vermittelt.

Das ganze System muss mit Wasser gefüllt sein und darf keine Luftbläschen enthalten. Um bei der Füllung der Blase und des Katheters die Luft vollständig zu entfernen, wurde die folgende Einrichtung getroffen. In die Wand des Katheters wurde ein ganz

dünnes silbernes Rohr gelöthet, dessen uterines Ende 1.5 cm oberhalb des uterinen Endes des Katheters innerhalb des Gerüsts *C* frei hervorragt. Nach aussen, nahe dem äusseren Ende des Katheters, wird dieses Rohr von dem Seitenzweig links unten (Fig. 1) fortgesetzt und kann durch den Hahn  $a_1$  zugeschlossen werden. Durch die äussere Oeffnung des Rohres wird mittels einer dafür besonders gemachten Spritze gekochtes Wasser eingespritzt. Die Luft, die sich in dem dünnen Rohre und in der Blase findet, wird dabei durch den Katheter herausgetrieben, wenn nämlich die Blase bei der Füllung nach unten gehalten wird. Wenn der Katheter vollständig mit Wasser gefüllt ist, werden die beiden Hähne (*a* und  $a_1$ ) geschlossen.

Die Blase (Fig. 1, *B*), die in den Uterus eingeführt werden soll, darf, wie oben bemerkt, nicht zu gross sein; ihre Wand muss dünn und nachgiebig sein, so dass sie an und für sich dem intrauterinen Druck keinen nennenswerthen Widerstand leistet. Ich habe zu diesem Zwecke ein gewöhnliches kleines Kautschukhütchen benutzt, derselben Art, wie es zur Saugflasche bei der künstlichen Ernährung kleiner Kinder angewandt wird. Ein solches erfüllt alle Anforderungen, wenn man nämlich von den weichsten Sorten eine genügend grosse Auswahl zur Verfügung hat. Eine derartige Blase schliesst sich dem Uterinkatheter dicht an; es ist leicht, sie an den Katheter zu befestigen und sie in den Uterus einzuführen. Ich habe immer eine grosse Anzahl solcher Blasen in Sublimatlösung (1:1000) liegend gehabt. Diese Blasen fassen nur 2 cc<sup>m</sup>; sie sind aber genügend gross, weil die Flüssigkeitsver-



Fig. 1. Der Uteruskatheter und die Blase. Nat. Grösse.

schiebung bei dem von mir benutzten Manometer eine höchst geringe ist.

## 2. Die Leitung vom Uteruskatheter zum Manometer.

Diese Leitung wurde durch ein Bleirohr von 185<sup>cm</sup> Länge und 3<sup>mm</sup> Durchmesser hergestellt. An jedem Ende ist das Rohr mit einem konischen Zapfen versehen; diese Zapfen sind in entsprechenden Aushöhlungen am äusseren Ende des Katheters (bei *g*, Fig. 2) und am Manometerrohre (bei *i*) luftdicht eingeschliffen. Die Verbindung ist beiderseits durch Schrauben gesichert. Dasjenige Ende des Rohres, das mit dem Uteruskatheter vereinigt ist, trägt ganz nahe dem Zapfen einen Hahn (*b*). Die Länge des Rohres erscheint vielleicht etwas gross; ich habe es aber, der Bequemlichkeit wegen, so lang machen müssen.

Alle Verbindungsstücke und Hähne sind aus Neusilber gemacht.

## 3. Das elastische Manometer und der Registrirapparat.

Aus schon angeführten Gründen habe ich das Quecksilbermanometer bei diesen Versuchen nicht benutzen können. Nicht allein die starke Flüssigkeitsverschiebung, welche zum Ausgleich grosser Druckdifferenzen nöthig ist, macht dasselbe zu dem vorliegenden Zwecke wenig anwendbar. Hierzu kommt nämlich noch der Uebelstand, dass das Quecksilber bei schnelleren Druckvariationen in Eigenschwingungen geräth, wodurch unter solchen Umständen keine ganz richtige Curve erhalten werden kann. Ferner wird die vom Quecksilber gezeichnete Curve, wenn der Druck bis auf 200<sup>mm</sup> Hg und höher steigt, so hoch, dass nur wenige Curven an derselben Trommel gezeichnet werden können. Wenn man nicht zu seiner Verfügung einen Registrirapparat mit fortlaufendem Papier hat, so muss man daher die Trommeln unaufhörlich wechseln, was erstens eine beständige Assistenz erfordert und zweitens auch bedingen kann, dass beim Trommelwechsel eine Zahl Wehen nicht registrirt werden.

Daher habe ich, nach dem Vorschlag des Herrn Prof. Tigerstedt, bei meinen Versuchen das von Gad modificirte Hürthle'sche Manometer benutzt.<sup>1</sup>

Bei mässig starken Membranen eignet sich dieses Instrument zum vorliegenden Zwecke vorzüglich. Um aus der Curve absolute Werthe für den Druck zu erhalten, habe ich das Instrument geeicht (vgl. unter 4).

<sup>1</sup> Vgl. Cowl, *Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin*. 1890. Nr. 13.

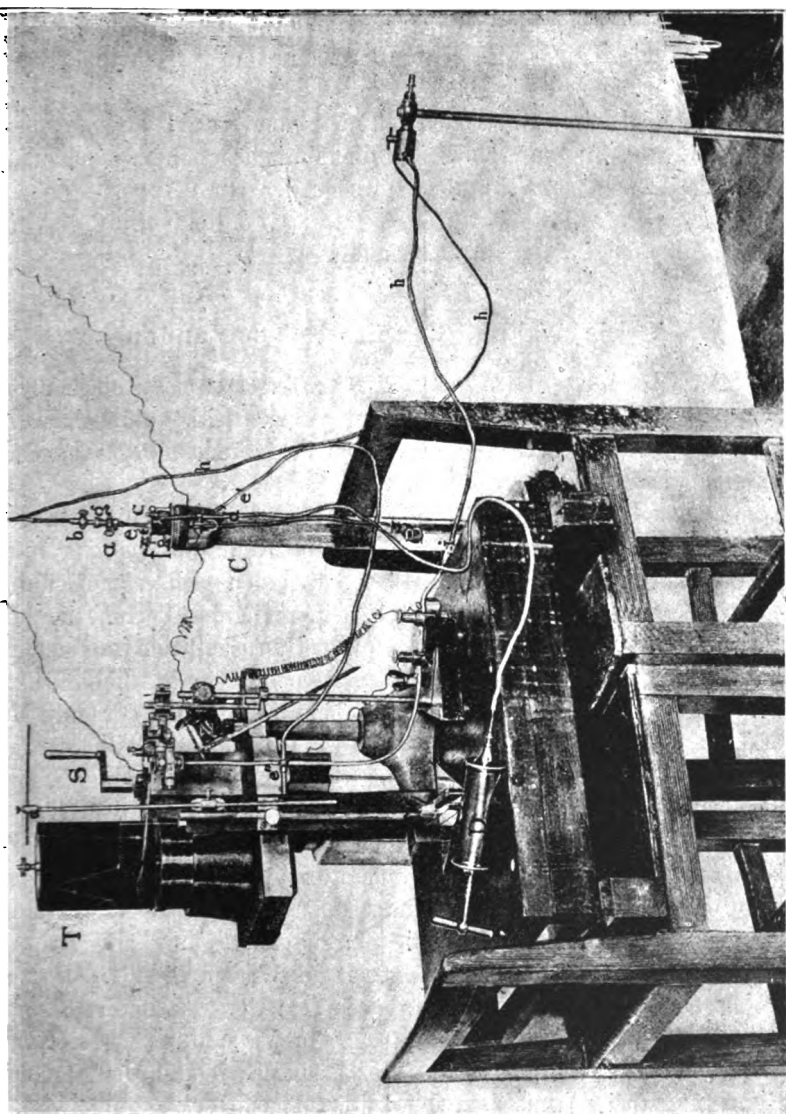


Fig. 2.

Das Manometer ist immer in der Weise aufgestellt gewesen, dass die Niveaudifferenz zwischen der Manometermembran und dem Beckeneingange der Länge des Uteruskatheters auf's nächste gleich gewesen ist.

Als Registrirapparat habe ich den von Knoll angegebenen benutzt (*T*, Fig. 2); nur habe ich die Trommel höher machen lassen (13 cm). Mittels einer Schraube (*S*) wurde der ganze Apparat höher oder tiefer gestellt. Die Zeit wurde in  $\frac{1}{2}$  Sec. mittels eines elektrischen Signals an den Curven angegeben (*Z*).

#### 4. Die Aichung des elastischen Manometers.

A. Die Aufstellung der Apparate. Das elastische Manometer und ein Quecksilbermanometer werden gleichzeitig demselben Druck ausgesetzt und schreiben ihre Ausschläge gerade über einander auf die Registrirtrommel.

Hierzu wurde ein 42 cm hoher Glaszylinder benutzt, der nach oben durch einen metallenen Pfropfen mit Kautschukpackung luftdicht zugeschlossen ist. In diesem Pfropfen finden sich vier Oeffnungen, eine grosse in der Mitte, und drei kleinere in der Peripherie. Durch die grosse Oeffnung wird der gefüllte Uteruskatheter mit aufgebundener Blase (*B*, Fig. 2) eingeführt. An diesem Katheter sitzt ein Pfropfen (*p*, Fig. 1) aus weichem, rothem Kautschuk, der mit Metalldrähten stark festgebunden ist. Dieser Pfropfen wird in die grosse Oeffnung gesteckt und mittels einer Schraubenvorrichtung (*f*, Fig. 2), die den konisch verjüngten Pfropfen ins Loch hinein drückt, festgesetzt, so dass der Schluss luftdicht wird. Der Cylinder ist mit gekochtem Wasser von Zimmertemperatur gefüllt; durch den Hahn *c* kann dieses Wasser mit der umgebenden Atmosphäre in Verbindung gesetzt werden. Der Uteruskatheter, die Blase und alle Röhrenverbindungen sind ebenfalls mit gekochtem Wasser gefüllt. Das schon früher beschriebene Rohr (*h*) wird mit dem Uteruskatheter (bei *g*) und mit dem elastischen Manometer (bei *i*) in Verbindung gesetzt. Durch den Hahn *e* geht ein Bleirohr (*e'*), das durch eine ähnliche metallene Kuppelung (bei *e''*) mit dem Quecksilbermanometer vereinigt wird. Der Hahn *d* steht mit dem Bleirohre *d'*, an dessen anderes Ende die Spritze *D* geschraubt wird, in Verbindung. Die Packung dieser Spritze muss vollkommen luftdicht schliessen. Ihre Stange ist mit einem Gewinde versehen und der Kolben wird also nicht hervorgeschoben, sondern hervorgeschoben, und dies so langsam, als man es wünscht. Die Spritze ist ebenso wie der Cylinder u. s. w. mit gekochtem Wasser gefüllt.

Die Membran des elastischen Manometers steht in demselben Niveau wie der Hahn *c*.

Sind die Hähne *c* und *d* offen und wird der Kolben der Spritze hervorgeschoben, so strömt das Wasser bei *c* heraus und der Cylinder ist unter atmosphärischem Druck mit Wasser gefüllt. Der Hahn *c* wird zugeschlossen und alle übrigen Hähne geöffnet. Die beiden Manometer schreiben ihre Null-Linien, da ja der Druck an beiden Seiten der atmosphärische ist.

B. Die Ausführung der Aichung. Wird jetzt der Kolben ein klein wenig hervorgeschoben, so steigt der Druck im Cylinder. Diese Drucksteigerung theilt sich gleichzeitig sowohl der Blase, als den beiden Manometern mit. Letztere schreiben die Druckschwankung auf das berusste Papier der Registrirtrommel. Diese wird in Bewegung gesetzt und unmittelbar nachher wieder angehalten. Jetzt wird der Druck etwas erhöht und der Manometer-Ausschlag geschrieben. Und so geht es fort, bis alle die zuerwartenden Druckwerthe durchprobt sind. Dann hat man eine Curve desselben Aussehens wie Fig. 3.

Durch Ausmessung der Curven findet man für die Ausschläge des elastischen Manometers in Millimeter Quecksilber folgende Werthe:

Nr. 1	1.5 mm (elast. Man.)	=	16 mm Hg	Nr. 5	9.0 mm (elast. Man.)	=	92 mm Hg
" 2	3.75 "	"	= 34 "	" 6	10.0 "	"	= 108 "
" 3	5.5 "	"	= 53 "	" 7	11.0 "	"	= 121 "
" 4	7.25 "	"	= 73 "	" 8	12.5 "	"	= 142 "

22\*

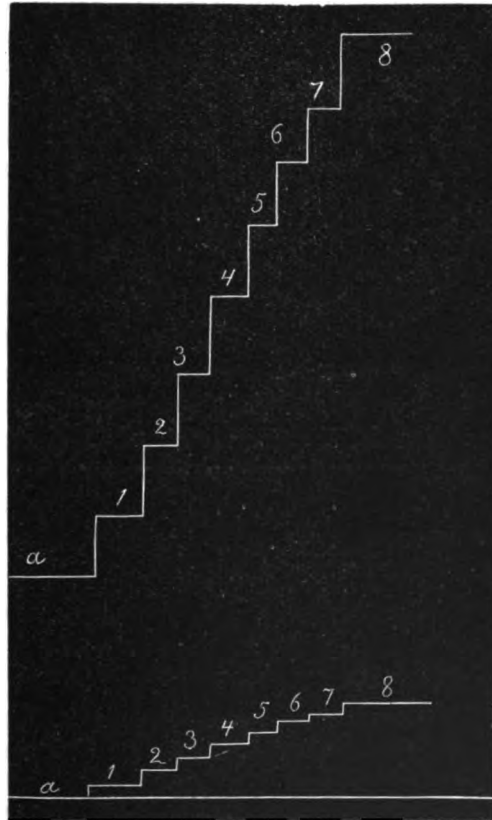


Fig. 3. Die Aichung des elastischen Manometers in Vers. VIII. Die untere Curve stellt die Excursionen des elastischen Manometers dar, die obere die entsprechenden Ausschläge des Quecksilbermanometers. *a* = die Null-Linie.

Um die zwischenliegenden Werthe zu ermitteln, wird aus diesen Zahlen eine Curve construirt, welche zu graphischer Interpolation benutzt wird.

In der Regel habe ich vor dem Anfange jedes Versuches das elastische Manometer in dieser Weise geaicht; einige Mal hat diese Aichung nach dem Versuche stattgefunden, wenn die nöthige Zeit vor dem Versuche ermangelte. Um genau zuverlässige Werthe zu erhalten, habe ich gewöhnlich jedes Mal drei bis vier derartige Reihen gemacht. Wenn sich die Membran dabei sicher erwiesen hat, d. h. wenn sie übereinstimmende Werthe gegeben hat, so ist sie bei dem auszuführenden Versuche benutzt worden; sonst ist sie von einer neuen, die wiederum geaicht wurde, ersetzt worden. Diese Sorgfalt ist nothwendig gewesen, weil einige Membranen, besonders die schwächeren, den sehr hohen Druck, der bei diesen Versuchen zuweilen stattgefunden hat, nicht vertragen, sondern bleibend deformirt werden.

Die stärkeren Membranen haben dagegen den Druck sehr gut vertragen — mit denselben werden aber die Ausschläge verhältnissmässig klein und der Fehler bei der Messung der absoluten Druckwerthe verhältnissmässig gross. Die mittelstarken Membranen haben sich als die geeignetsten erwiesen: sie ertragen die bei den Versuchen stattfindenden Druckvariationen, ohne eine bleibende Deformation zu erleiden, und die Ausschläge sind genügend gross, um den Messungs- und Berechnungsfehler relativ unbedeutend zu machen.

Der Fehler bei der Messung der Druckcurve beträgt etwa  $\frac{1}{8}$  mm, was bei den stärksten Membranen 5 mm Hg und bei den schwächsten 1.25 mm Hg entspricht.

Zuweilen bin ich so hohen Druckwerthen begegnet, dass die entsprechenden Excursionen des Quecksilbermanometers (bei der Aichung) an der Trommel den genügenden Platz nicht finden konnten. In diesen Fällen habe ich die auf dem Millimeter-Papier aufgetragene Curve, die zur Interpolation dient, geradlinig verlängert, unter der Voraussetzung, dass die Excursionen des elastischen Manometers bei diesen Druckwerthen dem Drucke proportionell seien. Ich glaube, dass es erlaubt ist, dies zu thun, weil, bei den von mir direct ermittelten Druckwerthen, die Excursionen der Membran in der That dem Drucke nahe proportionell sind. Uebrigens wird der hierbei entstandene Fehler procentisch nur gering sein, denn bei Druckwerthen von 200—300 mm Hg ist ein Fehler von einigen Millimetern Quecksilber von gar keiner Bedeutung.

## 5. Die Einstellung des Apparates bei dem Beginn eines Versuches.

Der Ausgangspunkt der Aichung des elastischen Manometers stellt die Lage dar, in welcher die Spannung der Membran gleich 0 ist, d. h. wo der Flüssigkeitsdruck innerhalb des Systemes in der Ebene der Membran dem atmosphärischen Drucke gleich kommt. Dasselbe muss auch bei der Bestimmung des intrauterinen Druckes der Fall sein. Die in dem Uterus liegende Blase steht aber tiefer als die Membran. Diese Niveaudifferenz wird in folgender Weise compensirt. Der Uteruskatheter und die Blase werden in verticaler Stellung gefüllt und diese also einem, der Wassersäule im Katheter entsprechenden Ueberdruck ausgesetzt. Die Länge dieser Wassersäule ist der Niveaudifferenz zwischen der Manometermembran und der in den Uterus eingeführten Blase aufs Nächste gleich. Die Ausschläge des elastischen Manometers entsprechen also den auf der Höhe des Beckeneinganges in dem Uterus stattfindenden Druckwerthen.

Bei der Füllung des Apparates wird die gleich unterhalb der Membran am Manometer befindliche Schraube herausgenommen und die Leitung (*h*) nebst dem Manometer von dem Hahn (*b*) aus mit gekochtem Wasser gefüllt. Wenn die Luft vollständig herausgetrieben ist, wird der Hahn *b* zugeschlossen und die Schraube des Manometers wieder eingesetzt. Das mit dem Hahn *b* versehene Ende der Leitung wird in gleiche Höhe wie die Manometermembran gestellt und der Hahn geöffnet. Der Schreibhebel des Manometers wird auf das Niveau des Abscissenschreibers eingestellt und der Hahn *b* geschlossen.

## Zweites Capitel.

### Die Ausführung der Versuche.

Die Blase und der Uteruskatheter werden in der eben beschriebenen Weise mit Wasser von 37° C. gefüllt, die Hähne geschlossen und die Blase mit Vaseline überzogen; dann wird dem Katheter eine zweckentsprechende Form — etwa die des Löffels der geburtshülftlichen Zange — gegeben, der Muttermund mit dem zweiten und dritten Finger der linken Hand aufgesucht und die Blase auf den Fingern dem vorliegenden Theile entlang in den Uterus eingeführt. Sind die Eihäute noch unversehrt, muss man mit der grössten Vorsicht zu Wege gehen, damit sie nicht zu früh platzen. Der in Vagina und Uterus liegende Theil des Katheters hat in der Regel eine Länge von 24—28 cm. Im Allgemeinen dringt der Katheter an der linken Seite leichter in den Uterus hinein, während er an der rechten Seite einen Widerstand



trifft, der in den meisten Fällen die Einführung des Katheters an dieser Seite vereitelt hat. Das Einbringen der Blase auf die beabsichtigte Höhe gleich oberhalb des Beckeneinganges ist in der Regel keinen besonderen Schwierigkeiten begegnet. Nur in den Fällen, wo der Kopf in den Beckeneingang eingekellt gewesen ist, ist dies zuweilen Anfangs missglückt, bei wiederholtem Versuch aber an einem anderen Ort, oder nachdem der Katheter eine zweckmässigere Form erhalten, gelungen.

Der Schmerz beim Einführen des Katheters ist ein sehr unbedeutender gewesen, jedenfalls nicht grösser als bei einer gewöhnlichen Untersuchung mit zwei Fingern.

Die Blase liegt nun entweder zwischen der Uteruswand und dem Ei, wenn die Häute unversehrt sind, oder im Ei, wenn die Häute zerrissen sind. In beiden Fällen steht die Blase unter demselben Druck wie der übrige Inhalt des Uterus.

Man sollte glauben, dass das Fruchtwasser bei zerrissenen Eihäuten dem Katheter entlang ausströmen sollte — dies ist aber nicht der Fall gewesen.

Nachdem die Blase eingeführt worden ist, wird die Rohrleitung zum elastischen Manometer mit dem Uteruskatheter verbunden und die Registrirtrommel in Bewegung gesetzt, wonach die Hähne während einer Wehenpause geöffnet werden. Der intrauterine Druck pflanzt sich jetzt von der Blase auf das Röhrensystem fort. Weil in diesem Systeme die Membran des elastischen Manometers den einzigen nachgiebigen Punkt darstellt, so wird diese von dem intrauterinen Druck beeinflusst und zeichnet, unter Vermittelung des Schreibhebels, denselben auf die bewegte Registrirtrommel.

Taf. VII—IX ist ein in dieser Art ausgeführter Versuch (VIII) facsimilirt worden.

Bei sämtlichen Versuchen wurde die Höhe der Curve in Intervallen von 5 Sec. gemessen und nach der oben angegebenen Methode auf Millimeter Hg reducirt. Bei Curven, wo in Folge von Erbrechen oder von der Thätigkeit der Bauchpresse secundäre Erhebungen vorkamen, wurde die Höhe nur bis zur Verbindungslinie der Fusspunkte dieser Erhebung gemessen, welche Linie der Form der reinen Wehencurve entsprechen dürfte. (Siehe Cap. V.)

Als Beispiel theile ich die dem facsimilirten Versuche entsprechenden Druckwerthe hier mit. (Siehe Tabelle auf S. 344.)

Aehnliche Tabellen sind bei allen übrigen Versuchen entworfen worden, und aus denselben die später anzuführenden Zahlenangaben über die Dauer der Wehen, den dabei stattfindenden Druck, den Druck der Wehenpause, die Dauer der Pause u. s. w. hergeleitet.

## Drittes Capitel.

## Uebersicht der beobachteten Fälle.

Fall I. Mathilde N., 30 J., verheirathet, II-par. Erinnert sich nicht der Zeit der letzten Menstruation. Erste Bewegung der Frucht Ende August 1891. Beginn der Wehenthätigkeit 6. März 1892 Abends. Aufgenommen 7. März um 5<sup>h</sup> Vorm. Sprung der Eihäute um 11<sup>h</sup> 50' Vorm. Das Becken normal. Der Muttermund verstrichen. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorn und rechts. Der Versuch begann um 8<sup>h</sup> 40' Nachm. und dauerte bis zum Ende der Geburt um 9<sup>h</sup> Nachm. Knabe 3500<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 15. März gesund entlassen.

Fall II. Anna S., 33 J., verheirathet, IV-par. Letzte Menstruation 26. Mai 1891. Erste Bewegung der Frucht 19. Oct. 1891. Beginn der Wehenthätigkeit 7. März 1892 um 7<sup>h</sup> 30' Nachm. Aufgenommen um 10<sup>h</sup> Nachm. Becken normal. Der Muttermund für vier Finger offen. Der Kopf vorliegend. Die Eihäute unversehrt. Die kleine Fontanelle nach rechts. Der Versuch begann um 10<sup>h</sup> 22' Nachm. Die Blase wurde nach rechts, oberhalb des Nackens angebracht. Der Muttermund verstrichen um 10<sup>h</sup> 45' Nachm. Die Eihäute um 10<sup>h</sup> 50' Nachm. zerrissen. Ende des Versuches um 11<sup>h</sup> 23' Nachm., nachdem der Kopf geboren worden ist. Knabe 4200<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 15. März gesund entlassen.

Fall III. Amalia S., Köchin, 34 J., unverheirathet, III-par. Letzte Menstruation Ende Juni 1891. Beginn der Wehenthätigkeit 13. März 1892 um 11<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen um 3<sup>h</sup> 15' Nachm. Beginn des Versuches um 8<sup>h</sup> Nachm. Der Muttermund für zwei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend, oberhalb des Beckeneinganges beweglich. Sutura in Querdiameter. Die kleine Fontanelle nach links. Die in die Vulva hervortretenden Eihäute wurden um 9<sup>h</sup> 31' Nachm. zerrissen und der Versuch mit der nach einer einzigen, sehr starken Wehe vollbrachten Entbindung um 9<sup>h</sup> 33' Nachm. beendet. Knabe 3750<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 21. März gesund entlassen.

Fall IV. Anna O., Arbeiters-Frau, 30 J., VI-par. Letzte Menstruation Juni 1891. Beginn der Wehenthätigkeit 22. März um 12<sup>h</sup> Mittags. Aufgenommen um 9<sup>h</sup> 15' Nachm. Becken normal. Der Muttermund für drei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach hinten und links. Der Versuch begann um 10<sup>h</sup> 30' Nachm. Die Eihäute sprangen 23. März um 1<sup>h</sup> 15' Vorm. Dabei war auch der Muttermund verstrichen. Der Versuch wurde mit dem Ende der Geburt um 1<sup>h</sup> 28' Vorm. beendet. Mädchen 3500<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 31. März gesund entlassen.

Fall V. Augusta P., 27 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation 5. Juni 1891. Erste Bewegung der Frucht 10. November. Beginn der Wehenthätigkeit 24. März 1892 um 8<sup>h</sup> 30' Nachm. Aufgenommen um 11<sup>h</sup> 30' Nachm. Becken normal. Der Muttermund beim Beginn des Versuches um 1<sup>h</sup> Nachm. für drei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend, fixirt. Sutura in Querdiameter. Die kleine Fontanelle links. Der Versuch wurde um 4<sup>h</sup> Nachm. beendet, als der Muttermund verstrichen war. Um 4<sup>h</sup> 45' Nachm. wurden die Eihäute zerrissen; die Geburt wurde um 6<sup>h</sup> Nachm. beendet. Mädchen 3000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 3. April gesund entlassen.

Tabelle I. Druck während der Wehen

Fall VIII	Zeit	Druck vor dem Beginn der Wehe; mm Hg	5"	10"	15"	20"	25"	30"	35"	40"	45"	50"	55"	60"	65"
Taf. I c.	8.58	22	69	92	100	118	114	108	95	88	64	47	37	30	28
a.	8.55	24	42	69	80	80	86	58	42	34	28	25			
f.	8.57	24	32	50	74	86	102	110	124	140	165	168	148	121	88
g.	8.59	24	58	69	111	100	86	82	86	95	86	72	58	53	42
h.	9.2	22	37	86	114	137	148	148	148	142	137	135	114	80	55
Taf. II b.	9.5	20	37	58	86	111	127	121	107	107	103	86	55	42	38
d.	9.8	20	27	47	80	99	130	141	141	139	139	135	99	53	41
a.	9.10	20	22	30	50	80	83	92	99	99	95	92	64	47	39
f.	9.13	20	32	37	49	58	55	47	50	58	60	72	80	86	99
Taf. III b.	9.16	20	26	34	37	47	64	64	64	64	69	89	80	58	42
c.	9.19	20	37	32	28	24									
d.	9.21	22	58	92	141	139	158	158	155	141	121	92	53	39	38
f.	9.28 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	24	37	47	45	56	54	58	69	76	69	58	66	53	53
g.	9.26	22	28	42	72	114	117	122	119	111	86	53	38	36	33
	9.28	—	—	—	—	—									
Taf. IV a.	9.31	24	32	45	58	86	121	128	128	128	121	97	58	39	32
c.	9.34	24	62	69	69	62	47	37	37	40	37				
a.	9.36	24	34	54	87	117	126	87	82	69	39	37	31	28	24
f.	9.38	24	32	44	53	47	37	29	29	28	26	26	29	37	39
g.	9.41	(24)	53	53	66	58	42	42	37	29	26				
h.	9.43	26	37	64	111	121	114	86	52	36	30	28			
Taf. V a.	9.45	28	39	86	111	92	79	61	55	52	38	33			
b.	9.47	30	42	55	108	141	147	128	114	108	92	64	53	47	42
c.	9.49	37	47	72	124	131	126	108	84	66	58	46	37		
d.	9.51	37	58	80	114	114	66	55	52	47	44	42	42	38	43
e.	9.54	2	18	32	37	47	58	58	45	37	26	24			
f.	9.56	16	39	80	108	75	69	58	37	48	34	34	32	30	32
Taf. VI b.	10.00	16	28	28	28	28	26	24	24	21	18	16	14		
c.	10.1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15	28	47	47	—	47	42	—	82	10				
d.	10.3	18	24	24	30	—	47	47	58	47	25	20	—	17	Doppel wehe.
	10.4	22	28	32	42	72	64	64	39	28	28	26	25	22	
e.	10.6	21	24	28	45	69	80	78	53	38	31	24	23	23	20
f.	10.8	22	—	28	42	64	—	—	72	47	—	30	28	—	—

Fall VI. Helma T., 23 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation Ende Juni 1891. Beginn der Wehentätigkeit 2. April 1892 um 7<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen 3. April 1<sup>h</sup> 30' Vorm. Becken normal. Der Versuch begann 3. April um 1<sup>h</sup> 52' Nachm. Der Muttermund dabei für drei Finger offen, die Eihäute unversehrt, der Kopf vorliegend, die grosse Fontanelle nach vorn und links. Der Versuch wurde um 4<sup>h</sup> Nachm. beendet; dabei war der Muttermund für vier Finger offen. Die Eihäute sprangen um 11<sup>h</sup> 30' Nachm. und die Ent-

in Intervallen von 5 Sec.; mm Hg.

	0"	75"	80"	85"	90"	95"	100"	105"	110"	115"	120"	125"	130"	135"	140"	145"	150"	155"
24																		
55	47	38	32	30														
39	34	30	30	28	24													
47	45	45	45	42	39	36	34	32										
33	30	28	26	25	24													
37	37	32	30	28	26	24	20											
32	28	26	24	24	24	22												
11	124	128	121	108	86	86	108	111	99	89	69	74	74	60	87			
34	22	22	20															
35	34	32	31	30	30	29	29	28	27	26								
58	48	38	39	53	37	32	32	32	30	28	27	26						
31	29	28																
30	30	30	28	27	26	24												
42	42	40	42	45	48	64	75	80	66	58	58	65	66	69				
37																		
38	34	42	37	42	53	—	—	—	58	64	53	37	30	—	30	10	2	
32	37	42	—	47	47	47	42	42	37									
15																		

bindung fand 4. April um 3<sup>h</sup> 30' Vorm. statt. Knabe 4000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 13. April gesund entlassen.

Fall VII. Anna Sofia G., 38 J., verheirathet, VI-par. Letzte Menstruation 28. Juni 1891. Erste Bewegung der Frucht 18. October. Beginn der Wehenthätigkeit 7. April 1892 um 10<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen um 4<sup>h</sup> Nachm. Becken normal. Beim Beginn des Versuches um 9<sup>h</sup> 10' Nachm. war der Muttermund verstrichen und der Kopf tief in das Becken hinabgedrängt. Die kleine Fontanelle

nach hinten und links. Die Eihäute wurden um 9<sup>h</sup> 25' Nachm. zerrissen und der Versuch mit der Entbindung um 10<sup>h</sup> 33' Nachm. beendet. Knabe 4000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 16. April gesund entlassen.

Fall VIII. Helene Ö., 33 J., verheirathet, VI-par. Letzte Menstruation Juli 1891. Erste Bewegung der Frucht 7. November. Beginn der Wehentätigkeit 9. April 1892 um 7<sup>h</sup> Nachm. Aufgenommen um 7<sup>h</sup> 30' Nachm. Beginn des Versuches um 8<sup>h</sup> 52' Nachm.; bis dahin hatte die Gebärende nur wenig Wehen gehabt. Becken normal. Der Muttermund für zwei Finger offen, die Eihäute unversehrt, der Kopf vorliegend, die kleine Fontanelle links. Die Eihäute sprangen um 9<sup>h</sup> 51' Nachm. und der Versuch wurde mit der Geburt des Kopfes um 10<sup>h</sup> 9' Nachm. beendet. Mädchen 3000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 17. April gesund entlassen.

Fall IX. Emma F., 28 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation Ende Juni 1891. Erste Bewegung der Frucht Ende October. Beginn der Wehentätigkeit 14. April 1892 Frühmorgens. Aufgenommen 15. April um 7<sup>h</sup> Vorm. Becken normal. Cervix lange nicht verstrichen. Der Muttermund für einen Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und rechts. Beginn des Versuches um 1<sup>h</sup> 36' Nachm., Ende um 3<sup>h</sup> 7' Nachm. Cervix dann etwas mehr nach oben gezogen. Sonst wie früher. Der Muttermund 16. April um 11<sup>h</sup> 55' Vorm. verstrichen. Die Eihäute wurden 10 Min. später zerrissen und die Entbindung fand um 4<sup>h</sup> 30' Nachm. statt. Knabe 3500<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 27. April gesund entlassen.

Fall X. Blenda J., 23 J., verheirathet, II-par. Letzte Menstruation Anfang Juli 1891. Erste Bewegung der Frucht December 1891. Beginn der Wehentätigkeit 18. April 1892 um 1<sup>h</sup> Nachm. Aufgenommen um 9<sup>h</sup> Nachm. Becken normal. Cervix beim Beginn des Versuches verstrichen, der Muttermund für drei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle rechts. Der Versuch begann um 10<sup>h</sup> 33' Nachm. und wurde 19. April um 1<sup>h</sup> 3' Vorm. beendet, da die Gebärende nach 1.5<sup>cm</sup> Morphin einschlief. Die Eihäute um 12<sup>h</sup> 15' Vorm. zerrissen, wobei der Muttermund verstrichen war. Die Entbindung fand um 3<sup>h</sup> 30' Vorm. statt. Mädchen 3750<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 27. April gesund entlassen.

Fall XI. Hulda F., 24 J., verheirathet, II-par. Letzte Menstruation 18. Juli 1891. Erste Bewegung der Frucht 15. December. Beginn der Wehen 23. April 1892 um 1<sup>h</sup> Nachm. Aufgenommen um 7<sup>h</sup> 30' Nachm. Becken normal. Der Muttermund für drei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und links. Die Eihäute sprangen um 11<sup>h</sup> 6' Nachm. Der Versuch begann um 10<sup>h</sup> 10' Nachm. und wurde mit dem Ende der Geburt um 11<sup>h</sup> 17' Nachm. beendet. Kind 3750<sup>g</sup>. Mutter und Kind wurden am 1. Mai gesund entlassen.

Fall XII. Sofia W., 42 J., verheirathet, VII-par. Letzte Menstruation 15. Juli 1891. Erste Bewegung der Frucht Anfang December. Beginn der Wehen 30. April 1892 um 10<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen um 6<sup>h</sup> 20' Nachm. Becken normal. Beginn des Versuches um 9<sup>h</sup> 10' Nachm. Der Muttermund für vier Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach links. Die Eihäute um 10<sup>h</sup> 30' Nachm. zerrissen. Der Versuch wurde mit der Geburt des Kopfes um 10<sup>h</sup> 46' Nachm. beendet. Knabe 3760<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 8. Mai gesund entlassen.

Fall XIII. A. B., 29 J., verheirathet, II-par. Letzte Menstruation Anfang Juli 1891. Beginn der Wehen 30. April 1892 um 4<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen um 8<sup>h</sup> Nachm. Becken normal. Beginn des Versuches 1. Mai um 3<sup>h</sup> 40' früh. Der Muttermund für zwei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und links. Der Versuch wurde um 6<sup>h</sup> 5' unterbrochen; zu dieser Zeit war der Muttermund für vier Finger offen. Die Eihäute sprangen um 7<sup>h</sup> 15' Vorm. Entbindung um 11<sup>h</sup> 40' Vorm. Mädchen 4000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 8. Mai gesund entlassen.

Fall XIV. Emma O., 28 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation 1. August 1891. Erste Bewegung der Frucht Ende December. Beginn der Wehen 12. Mai 1892 um 2<sup>h</sup> Nachm. Die Eihäute sprangen um 6<sup>h</sup> 30' Nachm. Aufgenommen um 7<sup>h</sup> 30' Nachm. Becken normal. Der Muttermund war für drei Finger offen. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und links. Der Versuch begann um 9<sup>h</sup> 3' Nachm. und dauerte bis 11<sup>h</sup> 57' Nachm. Muttermund verstrichen um 10<sup>h</sup> 17'. Entbindung 18. Mai um 4<sup>h</sup> Vorm. Mädchen 3250<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 22. Mai gesund entlassen.

Fall XV. Klara N., 84 J., unverheirathet, III-par. Letzte Menstruation 12. August 1891. Erste Bewegung der Frucht Mitte December. Beginn der Wehen 13. Mai 1892 um 1<sup>h</sup> Nachm. Becken normal. Beginn des Versuches um 7<sup>h</sup> 38' Nachm. Der Muttermund für drei Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und links. Der Muttermund um 8<sup>h</sup> 48' verstrichen. Die Eihäute wurden zerrissen. Der Versuch wurde mit der Geburt des Kopfes um 9<sup>h</sup> 15' Nachm. beendet. Knabe 3000<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 22. Mai gesund entlassen.

Fall XVI. Anna A., 20 J., unverheirathet, I-par. Erinnert sich nicht der Zeit der letzten Menstruation. Beginn der Wehen 16. Mai 1892 um 12<sup>h</sup> 5' Nachm. Aufgenommen um 4<sup>h</sup> 30' Nachm. Die Eihäute sprangen um 5<sup>h</sup> 10' Nachm. Becken normal. Beginn des Versuches um 9<sup>h</sup> 16' Nachm. Der Muttermund für drei Finger offen. Der Kopf vorliegend. Die kleine Fontanelle nach vorne und rechts. Der Versuch wurde mit der Geburt des Kopfes um 11<sup>h</sup> 33' Nachm. beendet. Knabe 3250<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 25. Mai gesund entlassen.

Fall XVII. Emma G., 33 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation Ende October 1891. Beginn der Wehen 18. Mai 1892. Aufgenommen um 11<sup>h</sup> 30' Nachm. Die Wehen waren die ganze Nacht und den folgenden Tag schwach und traten in langen Intervallen auf. Becken normal. Beginn des Versuches 19. Mai um 9<sup>h</sup> 5' Nachm. Der Muttermund für zwei Finger offen; sein Rand sehr dünn. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend, im Beckeneingang eingekeilt. Suturen in Querdiameter. Die kleine Fontanelle nach links. Der Versuch wurde um 10<sup>h</sup> 55' Nachm. beendet. Der Muttermund für kaum drei Finger offen. Die Eihäute wurden 20. Mai um 11<sup>h</sup> 30' Vorm. zerrissen; die Entbindung geschah um 6<sup>h</sup> 45' Nachm. Knabe 3750<sup>g</sup>. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 29. Mai gesund entlassen.

Fall XVIII. Selma B., 33 J., verheirathet, I-par. Letzte Menstruation 16. August 1891. Beginn der Wehen 19. Mai 1892 um 7<sup>h</sup> Nachm. Aufgenommen um 9<sup>h</sup> 30' Nachm. Die Wehen hörten während der Nacht auf und begannen wieder am 20. Mai Abends. Die Eihäute sprangen 21. Mai um 12<sup>h</sup> Mittags.

Beginn des Versuches 21. Mai um 9<sup>h</sup> 8' Nachm. Becken normal. Der Muttermund für vier Finger offen. Der Kopf mit einem grossen Segment in dem Beckeneingange. Sutura in Querdiameter. Die kleine Fontanelle nach links. Der Versuch wurde um 11<sup>h</sup> 16' Nachm. beendet. Der Muttermund fast verstrichen. Die Wehen hörten während der Nacht wieder auf und die Entbindung geschah unter Hülfe der Zange am 22. Mai um 11<sup>h</sup> Vorm. Mädchen 3500 g. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 8. Juni gesund entlassen.

Fall XIX. Ida Ö., 44 J., verheirathet, VII-par. Letzte Menstruation Ende August 1891. Erste Bewegung der Frucht Anfang Januar. Beginn der Wehen 25. Mai 1892 um 6<sup>h</sup> Vorm. Aufgenommen um 9<sup>h</sup> Vorm. Im Laufe des Tages hörten die Wehen auf, fingen aber Abends wieder an. Beginn des Versuches um 10<sup>h</sup> 6' Nachm. Becken normal. Der Muttermund für drei Finger offen mit wulstigem Rande. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf oberhalb des Beckeneinganges beweglich. Sutura in Querdiameter. Die kleine Fontanelle nach links. Der Versuch wurde um 11<sup>h</sup> 34' Nachm. beendet. Der Muttermund fortwährend für drei Finger offen; der Rand dünner. Die Hüllen sprangen 26. Mai um 8<sup>h</sup> 30' Vorm. Der Muttermund dann verstrichen. Entbindung um 9<sup>h</sup> 20' Vorm. Mädchen 3500 g. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 8. Juni 1892 gesund entlassen.

Fall XX. Auguste R., 19 J., unverheirathet, I-par. Letzte Menstruation 1. September 1891. Beginn der Wehen 26. Mai 1892 um 12<sup>h</sup> Mittags. Becken normal. Der Muttermund für die Fingerspitze offen. Die Eihäute unversehrt. Der Kopf vorliegend. Beginn des Versuches 27. Mai um 9<sup>h</sup> 10' Nachm. Der Muttermund für einen Finger offen. Die Eihäute unversehrt. Sutura in Querdiameter. Die kleine Fontanelle nach links. Ende des Versuches um 11<sup>h</sup> 6' Nachm. Der Muttermund für zwei Finger offen. Die Eihäute 28. Mai um 8<sup>h</sup> 20' Vorm. zerrissen; der Muttermund verstrichen. Die Wehen hörten später auf, nahmen aber im Verlaufe des Tages wieder zu. Entbindung um 4<sup>h</sup> Nachm. Knabe 3000 g. Puerperium normal. Mutter und Kind wurden am 6. Juni gesund entlassen.

#### Viertes Capitel.

##### Von der Wehenpause.

1. Die Dauer der Wehenpause. Die Wehenpause ist die Zeit vom Ende der einen Uterincontraction bis zum Beginn der nächstfolgenden. Da, wie ich später näher nachweisen werde, die Wehe in der Regel sehr langsam und allmählich aufhört, so dass ihr Ende fast unmerklich ist, so wird es an der Curve nicht möglich, die Grenze zwischen der vorhergehenden Wehe und der Pause ganz exact zu bestimmen.

Der hierdurch entstehende Fehler bei der Berechnung der Dauer der Wehenpause beträgt höchstens 5 Sec., ist aber in der Regel kleiner.

In der folgenden Tabelle habe ich die Dauer der Wehen und der Pausen sowie den dabei stattfindenden intrauterinen Druck aus einigen Versuchen zusammengestellt.

Tabelle II. Fall VIII.

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
	Sec.	mm Hg	Sec.	mm Hg	
8-53	70	114	50	24	
8-55	50	86	70	24	
8-57	90	168	30	24	
8-59	95	111	85	22	
9-02	110	148	70	20	
9-05	95	127	85	20	
9-08	105	141	15	20	
9-10	100	99	80	20	
9-13	145	124	35	20	Vierfache Wehe
9-16	85	89	95	20	
9-19	20	37	100	22	
9-21	120	158	30	24	
9-23 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	130	76	20	22	
9-26	80	122	40	—	
9-28	—	—	—	—	
9-31	100	128	80	24	
9-34	45	69	75	24	
9-36	65	126	55	24	
9-38	140	80	(40)	(24)	} Dreifache Wehe. Durch Erbrechen wird der Druck auf 185 <sup>mm</sup> Hg erhöht.
9-41	45	66	75	26	
9-43	50	121	70	28	
9-45	50	111	70	30	
9-47	70	147	50	37	
9-49	55	131	65	37	
9-51	155	114	25	2	Beim Druck von 114 <sup>mm</sup> Hg sprangen die Hüllen, wobei der Druck sogleich auf 66 <sup>mm</sup> Hg herabsank. Doppelwehe
9-54	50	58	70	16	
9-56	115	108	—	16	Doppelwehe
—	—	—	—	—	
10-0	55	28	35	15	
10-01 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	45	47	45	18	Bei Pressen steigt der Druck auf 124 <sup>mm</sup>
10-03	120	72	60	21	" " " " " " 99 "
10-06	65	80	55	22	" " " " " " 141 "
10-08	70	72			Der gesammte intrauterine Druck wäh- rend des Pressens beträgt 134 <sup>mm</sup> . Der Kopf wird geboren.

## Fall XIV.

9-05	55	160	65	72	Bei Pressen 200 <sup>mm</sup>
9-07	40	135	140	72	



## Fall XIV (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
	Sec.	mm Hg	Sec.	mm Hg	
9·10	50	152	70	72	Bei Pressen 195 <sup>mm</sup>
9·12	60	152	60	72	
9·14	55	152	125	72	
9·17	55	187	65	72	
9·19	50	160	70	72	
9·21	—	—	—	—	
9·24	80	160	40	72	
9·26	55	152	125	72	
9·29	50	175	190	72	
9·34	60	165	60	72	
9·36	60	152	75	72	
9·38	55	165	125	72	
9·41	55	165	125	72	
9·44	55	165	125	72	
9·47	50	165	130	72	
9·50	60	165	60	85	} Doppelwehe
9·52	45	152	135	72	
9·55	55	175	125	85	} Doppelwehe
9·57	50	152	130	72	
10·0	55	175	65	85	} Doppelwehe
10·02	40	152	80	72	
10·04	45	175	135	72	} Doppelwehe
10·07	45	175	135	72	
10·10	60	165	90	85	
10·12 <sup>1/2</sup>	65	165	85	72	
10·15	40	165	80	72	
10·17	55	165	65	72	
10·19	55	120	65	72	
10·21	55	152	125	72	
10·24	45	152	75	72	
10·26	40	152	80	72	
10·28	50	175	70	72	
10·30	—	—	—	—	
10·33	50	175	70	72	
10·35	40	152	140	72	
10·38	70	175	50	85	} Doppelwehe
10·40	30	120	90	72	
10·42	50	165	130	85	Bei Pressen steigt der Druck auf 290 <sup>mm</sup> . Während der Pause sind die Bauch- muskeln fortwährend contrahirt

## Fall XIV (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
	Sec.	mm Hg	Sec.	mm Hg	
10-45	50	152	70	72	
10-47	55	152	65	85	Bei Pressen Max. 195 <sup>mm</sup>
10-49	60	152	120	72	Pressen und Schreien; dabei steigt der Druck auf 200 <sup>mm</sup>
10-52	45	150	75	72	
10-54	60	175	120	85	Durch Pressen und Schreien steigt der Druck auf 250 <sup>mm</sup>
10-57	75	145	105	85	
11-0	65	160	115	85	Bei Pressen 200 <sup>mm</sup>
11-03	—	—	—	—	Diese Wehe wurde nicht registriert
11-05	60	175	120	85	
11-08	45	165	135	85	
11-11	50	165	130	85	
11-14	45	165	135	85	Bei Pressen 195 <sup>mm</sup>
11-17	60	175	180	85	
11-21	60	175	120	85	
11-24	35	135	145	75	
11-27	55	175	65	85	
11-29	40	152	140	72	
11-32	55	175	—	72	
—	—	—	—	—	
11-38	55	165	125	72	
11-41	55	152	125	72	
11-44	55	165	125	72	
11-47	40	135	200	72	
11-51	60	165	180	72	
11-54	55	152	65	72	
11-56	40	120	—	—	

## Fall XVI.

10-08	90	115	60	37	
10-10 <sup>1/2</sup>	85	115	65	37	
10-13	70	77	110	37	
10-16	85	115	95	37	
10-19	65	115	115	37	
10-22	75	77	105	37	
10-25	90	115	30	37	
10-27	40	77	140	58	
10-30	120	140	—	77	} Doppelwehe
10-32	20	115	—	37	
—	—	—	—	—	

## Fall XVI (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
10-39	75	115	105	37	Der Muttermund verstrichen
10-42	65	115	115	58	
10-45	45	77	135	37	
10-48	45	58	135	37	
10-51	85	115	95	37	Bei Erbrechen 190 <sup>mm</sup>
10-54	45	58	135	37	
10-57	90	80	—	37	Pressen und Schreien; der Druck steigt auf 140 <sup>mm</sup>
—	—	—	—	—	11-06 und 11-09 Pressen, wobei der Druck bzw. 160 und 172 <sup>mm</sup> erreicht
11-12	55	78	125	37	
11-15	55	78	185	37	Bei Pressen 190 <sup>mm</sup>
11-19	120	130	—	77	} Bei Pressen 185 <sup>mm</sup> . Doppelwehe
11-21	80	140	160	37	
—	—	—	—	—	} Die ganze Zeit hindurch Pressen, wobei der Druck unmittelbar vor der Geburt des Kopfes auf 160—172—200 bis 230 <sup>mm</sup> Hg steigt. Die wirkliche Wehencurve kann nicht unterschieden werden
—	—	—	—	—	
11-34	—	—	—	—	Ende des Versuches; der Kopf wird geboren.

## Fall XVII.

9-07	50	60	310	20	Seitenlage
9-13	80	82	160	20	
9-17	60	30	240	20	
9-22	65	82	235	30	Rückenlage
9-27	90	100	90	30	
9-30	95	82	205	30	
9-35	40	40	80	30	
9-37	100	100	140	30	Der höchste Druck gegen das Ende der Wehe. Schreien
9-41	60	60	120	30	Winseln
9-44	60	82	120	30	
9-47	30	40	150	30	Winseln. Kaum sichtbare Wehe
9-50	60	100	180	30	
9-54	55	82	245	30	
9-59	55	60	185	20	
10-03	65	82	235	30	
10-08	50	40	130	30	Winseln
10-11	45	40	195	30	Winseln
10-15	45	40	135	20	Seitenlage
10-18	45	30	75	20	

## Fall XVII (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
10-20	15	30	45	20	Winseln
10-21	45	60	315	20	
10-27	20	30	40	20	
10-28	35	60	145	20	
10-31	35	60	265	20	
10-36	65	60	175	20	Rückenlage Seitenlage
10-40	65	82	415	30	
10-48	50	60	250	20	
10-53	60	40	—	20	
10-55					

## Fall XVIII.

9-08	60	175	180	60	
9-12	65	200	115	60	
9-15	45	155	135	60	
9-18	110	144	130	60	
9-22	80	155	220	60	
9-27	70	180	170	60	Bei Pressen 240 mm
9-31	55	175	245	60	
9-36	65	155	235	60	
9-41	65	185	175	50	Kauernde Lage
9-45	55	155	245	60	Als der Körper sich wieder streckt, erreicht der Druck während der Pause seinen früheren Werth
9-50	70	155	170	60	
9-54	55	155	245	60	
9-59	50	155	190	60	
10-03	55	185	185	60	
10-07	70	155	130	60	
10-12	70	155	50	60	
10-14	40	180	140	60	
10-17	55	155	185	60	
10-21	55	155	185	50	
10-25	90	155	90	60	
10-28	50	155	190	60	
10-32	65	155	235	60	
10-37	60	155	180	50	Der Kopf unten in der Scheide
10-41	65	155	235	50	
10-46	75	155	165	50	
10-50	50	155	250	50	
10-55	60	185	240	50	Bei Pressen 230 mm

## Fall XVIII (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maximaler Druck mm Hg	Dauer	Druck mm Hg	
11-0	65	200	235	50	Bei Pressen 270 <sup>mm</sup>
11-05	55	200	305	50	Bei Pressen 250 <sup>mm</sup>
11-11	50	185	190	50	
11-15	40	130			Ende des Versuches.

## Fall XIX.

10-12	75	121	320	58	
10-19	100	160	165	58	
10-23	50	96	190	58	
10-27	90	121	330	58	
10-34	75	113	105	58	
10-37	30	96	330	58	
10-43	60	113	180	46	Der Kopf in der Scheide
10-47	80	121	280	46	
10-53	120	121	60	46	Doppelwehe
10-56	15	70	75	46	Schmerzhaftes Wehe
10-57 <sup>1/2</sup>	30	58	60	46	Diese Wehe ist als der Beginn der nächstfolgenden aufzufassen
10-59	70	121	50	46	
11-01	20	58	160	46	
11-04	80	105	280	46	
11-10	65	113	235	46	Das Schreien fing 45 Sec. vor der Drucksteigerung an
11-15	65	113	55	46	
11-17	60	105	360	46	
11-24	55	113	305	46	
11-30	50	105	190	46	
11-34	75	70	—	46	Ende des Versuches.

## Fall XX.

9-10	90	126	150	35	
9-14	50	80	310	35	
9-20	90	136	450	35	
9-29	120	146	240	35	
9-35	90	96	450	35	
9-44	75	113	525	35	
9-54	75	125	525	35	
10-04	85	96	455	35	Diese Wehe fing während des Schlafes an; nach dem Ende der Wehe schlief die Gebärende wieder ein
10-12	60	113	360	35	
10-19	65	105	415	35	

## Fall XX (Fortsetzung).

Zeit	Wehen		Pause		Bemerkungen
	Dauer	Maxi- maler Druck	Dauer	Druck	
	Sec.	mm Hg	Sec.	mm Hg	
10-27	70	96	410	35	
10-35	75	96	410	35	
10-43	70	96	410	46	
10-51	60	96	360	46	
10-58	60	96	420	35	
11-06	70	113	—	35	

Die in dieser Tabelle aufgenommenen Versuche, sowie die übrigen dort nicht mitgetheilten, ergeben für die Dauer der Pause die in der Tab. III zusammengestellten maximalen, minimalen und mittleren Werthe.

Tabelle III.

Die Dauer der Wehenpausen in Secunden.

Fall	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Maximum .	180	245	130	240	235	225	230	100	190	225
Minimum .	60	10	30	50	55	55	55	15	45	15
Mittel . .	120.8	97	82.3	123.1	144.4	153.9	121.1	57.7	108	131.4

Fall	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Maximum	165	195	105	200	155	185	415	305	360	525
Minimum	30	40	15	40	10	30	40	50	30	150
Mittel . .	83	96.2	88	105.5	66.7	112.3	180.7	188	196.8	392.6

Allgemeines Mittel aller Beobachtungen 132.4 Sec.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass man, wenn das Gesamtmittel der Dauer der Wehenpause als Eintheilungsgrund benutzt wird, sämtliche Fälle in drei Gruppen ordnen kann, nämlich:

- I. Kurzdauernde Pause: Fall VIII, XV, III, XI, XIII, XII, II.
- II. Pause von mittlerer Dauer: Fall XIV, IX, XVI, I, VII, IV, X, V, VI.
- III. Langdauernde Pause: Fall XVII, XVIII, XIX, XX.

Die der ersten Gruppe zugehörigen Fälle sind, mit alleiniger Ausnahme des Falles XIII, bis zum Ende der Geburt, während 1 bis 1½,

Stunden, registriert worden. Der Fall XIII, bei welchem die Registrierung während 2 Stunden 25 Minuten (Muttermund für zwei Finger offen bis Muttermund für vier Finger offen) stattfand, muss auch zu dieser Gruppe gezählt werden, da die mittlere Dauer der Pause 88 Sec. betrug. Die kurzen Pausen bei diesem Falle müssen von individuellen Verhältnissen bedingt sein. Auch bei der zweiten Gruppe machen sich individuelle Verhältnisse in hohem Grade geltend.

Unter den in der zweiten Gruppe aufgenommenen Fällen wurde Fall IX im Beginn der Geburt registriert; die Fälle XVI und IV wurden bis zum Ende der Geburt von dem Moment an registriert, als der Muttermund für drei Finger offen war. Beim Fall I wurden nur die letzten, von Pressen begleiteten Wehen registriert; der Fall VII während der Austreibungsperiode. Beim Fall X nahmen die Wehen immer ab und hörten nach dem Ende der Registrierung ganz auf. Der Fall XIV wurde von der Zeit an registriert, als der Muttermund für 4 Finger offen war; die Registrierung wurde bis  $1\frac{1}{2}$  Stunde, nachdem der Muttermund verstrichen war, fortgesetzt. Der Fall VI wurde in der Mitte der Eröffnungsperiode registriert. Die der zweiten Gruppe zugehörigen Fälle zeigen im Mittel eine Pausendauer, welche zwischen 105.5 Sec. und 153.9 Sec. schwankt.

Die in der dritten Gruppe zusammengestellten Fälle wurden im Beginn (Fall XVII und XX) oder in der Mitte (Fall XVIII und XIX) der Geburt registriert und zeigen eine lange mittlere Dauer der Pause, 180.7 bis 392.6 Sec. betragend.

Die Dauer der Wehenpause ist also im Anfange der Eröffnungsperiode am grössten. Sie nimmt während der Mitte derselben Periode ab und erreicht ihr Minimum am Ende der Eröffnungsperiode und während der Austreibungsperiode.

Die Ausnahmen von dieser Regel sind wahrscheinlich von individuellen Verhältnissen bedingt.

2. Der intrauterine Druck während der Wehenpause. Bei der von mir eingehaltenen Versuchsanordnung wurde der intrauterine Druck in der Ebene des Beckeneinganges registriert. Dieser Druck ist abhängig:

- a) von dem intraabdominalen Druck;
- b) von der Niveaudifferenz zwischen dem Beckeneingange und dem höchsten Punkt des Uterus;
- c) von der Spannung der Uterinwand, welche Spannung ihrerseits von der Contractionsgrösse der Uterusmusculatur und von dem Volumen des Uterusinhaltes bedingt ist.

## a) Der intraabdominelle Druck ist abhängig:

1. von der Thätigkeit der Bauchpresse; während der Wehenpause finden nicht selten vorübergehende, von Husten, Erbrechen u. s. w. bedingte Drucksteigerungen statt. Bei einzelnen Gebärenden sind die Bauchmuskeln ziemlich gespannt und erzeugen also einen beständigen Druck auf den Uterus;
2. von der Anspannung des Bauches in Folge zufälliger Ursachen, z. B. durch Gase im Ventrikel und in den Därmen. Bei einem Falle (Nr. XII) habe ich beobachtet, dass der intrauterine Druck nach starkem Aufstossen sinkt; einmal betrug dies Sinken von einer Wehenpause zu der folgenden sogar 15<sup>mm</sup> Hg.

b) Die Niveaudifferenz zwischen dem Beckeneingang und dem höchsten Punkt des Uterus ändert sich bei verschiedener Körperlage. Wenn die Blase links im Becken eingeführt ist, gleich oberhalb des Beckeneinganges liegt und die Gebärende die rechte Seitenlage einnimmt, so verändert sich diese Niveaudifferenz nicht unerheblich. Bei einem Falle (Nr. XVII) machte ich wiederholte Beobachtungen hierüber. Bei Rückenlage betrug der Druck während der Wehenpause constant 30<sup>mm</sup> Hg, sank aber ebenso constant auf 20<sup>mm</sup>, als die Gebärende die rechte Seitenlage einnahm (die Blase lag links). Auch bei mehreren der übrigen Fälle machte ich gelegentlich dieselbe Erfahrung. In der Regel haben jedoch bei meinen Versuchen die Gebärenden die Rückenlage eingenommen.

c) Beobachtet die Gebärende die ganze Versuchszeit hindurch dieselbe Lage (Rückenlage) und sieht man von den bei Aufstossen, Husten, Erbrechen u. s. w. stattfindenden zufälligen Druckvariationen ab, so kann man die vom Manometer angezeigten Druckvariationen als Ausdruck der in der Uterinwand stattfindenden Spannungsvariationen auffassen.

Aus der Tab. II geht hervor, dass der Druck sich im Beginn der Geburt von der einen Pause zur anderen ziemlich constant erhält. Fall VIII, der der einzige in dieser Tabelle aufgenommene Versuch ist, bei welchem die Eihäute im Verlaufe des Versuches spontan sprangen, zeigt, dass der Druck der Wehenpause eben vor dem Sprung der Eihäute steigt, und dass er unmittelbar nach dem Sprung und der Ausströmung des Fruchtwassers beträchtlich herabsinkt. Derselben Erscheinung bin ich auch bei mehreren anderen Fällen begegnet, wie es aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist.



## Tab. IV.

## Der Druck der Wehenpause

Fall	eben vor dem Sprung der Eihäute	gleich nach dem Sprung der Eihäute
II	60—60—60—60	44—41—45—40—46
VII	64—64—70	15—20—32—35—38
VIII	24—24—26—28—30—36—36	2—16—16—13—10—20—20
XI	47—50—50	30—35—40
XII	35—35	20—20—20—30
XV	48—48—48—60—60	48—38—38—35—30—38— 45—38—45—48

Die Drucksenkung beim Sprung der Eihäute ist also eine sehr beträchtliche, und erreicht im Versuche VII ihr Maximum, 55<sup>mm</sup> Hg. Bei den übrigen Fällen beträgt sie 34 (VIII), 20 (XI), 16 (II), 15 (XII), 12 (XV) <sup>mm</sup> Hg.

Der Sprung der Eihäute und der Abfluss des Fruchtwassers ruft also eine ausgeprägte Veränderung in Bezug auf den Druck der Wehenpause hervor.

In derselben Weise sinkt auch der Druck nach jedem stärkeren Abfluss von Fruchtwasser während der folgenden Wehen.

Dieselbe Druckabnahme stellt sich auch nach einem bedeutenderen Herabdringen des vorliegenden Theiles dar.

Wenn das Volumen des Uterusinhaltess — gleichgültig wie — abnimmt, so sinkt also der intrauterine Druck.

Beim Versuch XIV ist der Druck der Wehenpause die ganze Beobachtungszeit hindurch sehr hoch und hält sich im Allgemeinen auf 72<sup>mm</sup> Hg; zuweilen steigt er bis zu 85<sup>mm</sup> Hg. Dabei ist aber eine Wehe noch nicht vollständig beendet, bevor sich eine neue Wehe einstellt (Doppelwehe). Gegen das Ende der Beobachtungsdauer fängt die Bauchpresse an mitzuwirken, und in Folge dessen erhöht sich der Druck auf 85<sup>mm</sup> Hg. Dieser hohe Druck entspricht dem Abschnitt der Geburt, wo der grösste Umfang des Kopfes den Muttermund passirt und in die Scheide hinabdringt. Als aber der Kopf in die Scheide gekommen ist und gegen das Perineum drückt, sinkt der intrauterine Druck auf seinen früheren Werth, 72<sup>mm</sup> Hg, wieder herab.

Beim Versuch XVI hält sich der Druck während der ganzen Beobachtungsdauer auf 37<sup>mm</sup> Hg, mit alleiniger Ausnahme von zwei Pausen, wo er 55<sup>mm</sup> beträgt. Die Ursache dieser Drucksteigerung habe ich nicht ausfindig machen können. Diejenigen Pausen, bei welchen wir in der Tabelle der Zahl 77<sup>mm</sup> Hg begegnen, sind Doppelwehen.

Die Ursachen der Druckschwankungen beim Versuch XVII sind schon besprochen (S. 357).

Die Versuche XVIII und XIX zeigen während der Pause im Beginn einen Druck von 60, bez. 58<sup>mm</sup> Hg. Als der Kopf in die Scheide gekommen ist, sinkt der Druck auf 50, bez. 46<sup>mm</sup> Hg und hält sich im weiteren Verlaufe des Versuches auf dieser Höhe. Im Versuch XX hält sich der Druck im Allgemeinen auf 35<sup>mm</sup> Hg, erhebt sich aber während zwei Pausen gegen das Ende der Beobachtungsdauer, ohne nachweisbare Ursache, auf 46<sup>mm</sup> Hg.

Eine bemerkenswerthere Erscheinung ist die Tendenz des Druckes, wieder anzusteigen, nachdem er in der eben besprochenen Weise bei dem Abgang des Fruchtwassers abgenommen hat. Diese Tendenz ist bei allen in der Tab. IV aufgenommenen Versuchen unverkennbar.

Eine Volumzunahme des Uterininhaltes und eine davon bedingte Ausdehnung der Uterinwand kann nicht stattgefunden haben. Es liegt näher, die Drucksteigerung als etwas dem Verkürzungsrückstand der quergestreiften Muskeln Analoges aufzufassen. Bei der folgenden Wehe erschlafft der Uterinmuskel nicht mehr vollständig, sondern nur zum Theil.

Nach der Tab. IV erreicht jedoch der Druck in keinem Falle denjenigen Werth, den er beim Sprung der Eihäute hatte, obgleich bei allen Versuchen eine Tendenz dazu hervortritt. Dass die ursprüngliche Druckhöhe nicht wieder erreicht wird, ist aller Wahrscheinlichkeit nach davon bedingt, dass die Entbindung vordem stattgefunden hat. Unter meinen Versuchen habe ich jedoch zwei (XIV, XVIII, s. Tab. II), welche zeigen, dass der Druck während der Pause eine bedeutende Höhe erreicht, wenn nur eine genügend lange Zeit nach dem Sprung der Eihäute verfließt.

Beim Versuch XIV war im Anfang der Beobachtung der Muttermund für vier Finger offen, und die Eihäute seit 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunden gesprungen. Während der Pause betrug der Druck 72<sup>mm</sup> Hg. Beim Versuch XVIII war im Anfang der Beobachtung der Muttermund ebenfalls für vier Finger offen; die Eihäute waren seit 9 Stunden gesprungen. Der Druck während der Pause betrug 60<sup>mm</sup> Hg.

Die beweisende Kraft dieser Beobachtungen ist aber nicht vollständig, weil der Druck vor dem Sprung der Eihäute nicht bekannt ist. Der Umstand aber, dass in diesen beiden Fällen der Druck der Wehenpause so ungewöhnlich hoch ist, scheint mir denselben jedenfalls einen gewissen Werth in dieser Hinsicht zu verleihen.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich also Folgendes:

1. So lange das Volumen des Uterininhaltes nicht verändert wird, hält sich der intrauterine Druck unverändert von der einen Wehenpause zur anderen.

2. Beim Sprung der Eihäute findet eine Volumabnahme des Uterininhaltes statt, in Folge deren der Druck während der nächsten Wehenpause abnimmt.
3. Nach dieser Abnahme tendirt der Druck während der folgenden Wehenpausen auf seinen früheren Werth wieder anzusteigen. Dieser Druckwerth wird aber nur selten erreicht, theils wegen des Abganges grösserer oder kleinerer Mengen Fruchtwasser während der Wehen nach dem Sprunge der Eihäute, theils weil das Kind tiefer ins Becken hinabdringt und also das Volumen des Uterininhaltes bei jeder Wehe abnimmt.

Schatz hat in Bezug auf die erste Schlussfolgerung etwa dasselbe Ergebniss erhalten. Grund seiner theoretischen Auffassung über die Ursache des während der Wehenpause stattfindenden intrauterinen Druckes, spricht er dieselbe aber in folgender Weise aus: „Im Verlaufe der Geburt bleibt der intrauterine Wasserdruck der Wehenpause derselbe, so lange die Dicke der Uteruswand dieselbe bleibt. Daraus folgt: Die Spannung der unthätigen Uterusmusculatur ändert sich im Verlaufe der Geburt nicht.“<sup>1</sup> Ich kann meinerseits aber nicht verstehen, dass die letzte Folgerung eine nothwendige Consequenz der beobachteten Thatsache ist, wenn man nicht auch hier „so lange die Dicke der Uteruswand dieselbe bleibt,“ statt „im Verlaufe der Geburt“ sagt.

Dies dürfte jedoch nicht die Meinung von Schatz sein, denn er stellt unmittelbar nachher die Frage: „In welchem Verhältniss muss sich, sobald die Muskelspannung dieselbe bleibt, der intrauterine Wasserdruck der Wehenpause ändern, wenn sich die Dicke der Uteruswand ändert?“

Diese Frage sucht er im ersten Raume durch eine mathematische Berechnung zu beantworten und kommt dabei zu dem folgenden Ergebniss: „Mit dem Austritt des Kopfes aus dem Uterus ist die Dicke der Wand des Uterus um  $\frac{1}{5}$  der früheren Stärke gewachsen. Ist, wie oben gezeigt wurde, die Spannung der Musculatur dieselbe geblieben, so muss der intrauterine Druck während dieser Zeit um dieselbe Grösse, also um  $\frac{1}{5}$  seiner früheren Grösse gewachsen sein.“<sup>2</sup> Diese Folgerung findet er auch in der Natur bestätigt, indem nämlich bei einem einzigen Falle während der Wehenpause eine Drucksteigerung von  $1\frac{1}{2}$  mm Hg beobachtet wurde, nachdem der Kopf des Kindes in die Scheide hinabgedrungen war.

<sup>1</sup> Schatz, a. a. O. S. 124.

<sup>2</sup> Schatz, a. a. O. S. 126.

Schon diese kleine Drucksteigerung scheint mir nicht sehr viel zu beweisen. Sie kann von einer unmerklichen Contraction der Bauchmuskeln, von einer stärkeren Füllung des Darmes oder von anderen Ursachen bedingt gewesen sein, und da noch der Fall unter 26 allein stehend ist, wird seine beweisende Kraft noch geringer.

Schatz hat auch selbst berechnigte Einwendungen gegen die allgemeine Gültigkeit dieses Satzes erhoben, hält aber dennoch an demselben fest. In diesem Satz will er noch einen Beweis für die Accommodation des Uterus finden, welche er in folgender Weise definiert: „Der Uterus besitzt die Eigenschaft, während seiner Verkleinerung — besonders, wenn nicht allein — durch die Wehen seine Muskelfasern nach und nach in der Weise verändert anzuordnen, dass die Länge derselben in den verschiedenen Stadien der Geburt nahezu, wenn nicht ganz dieselbe bleibt.“<sup>1</sup>

Dieser Satz stützt sich auf noch schwächere Gründe als der frühere, d. h. nur auf unbewiesene Hypothesen. Bei meinen Beobachtungen habe ich auch keine einzige Thatsache gefunden, die für die Richtigkeit des einen oder des anderen sprechen sollte. Ich habe freilich (Tab. IV) beobachtet, dass der Druck der Wehenpause, wenn eine gewisse Zeit nach dem Sprunge oder dem Zerreißen der Eihäute vergangen ist, regelmässig ansteigt, ich kann aber diese Drucksteigerung nicht als von einer veränderten Anordnung der Muskelfasern bedingt auffassen, sondern glaube vielmehr, dass sie von einem Verkürzungsrückstand abhängig ist. Wie ich später nachweisen werde, spricht auch die Form der Wehencurven in einem hohen Grade zu Gunsten dieser Annahme.

Polaillon hat den Druck der Wehenpause constant, und zwar 30—40<sup>mm</sup> Hg, gefunden. Er hat aber seine Beobachtungen nur während der Eröffnungsperiode gemacht und also den Einfluss des Sprunges der Eihäute gar nicht studirt. Seine Erfahrung stimmt also mit meiner Schlussfolgerung Nr. 1 gut überein. Da er aber die Nulllinie des Druckes bei seinen Versuchen nicht bestimmt hat, so stellen seine Angaben keine absoluten Bestimmungen dar.

#### Fünftes Capitel. Von den Wehen.

Die Contractionen des Uterus werden subjectiv durch den damit verbundenen Schmerz (Wehe), objectiv durch die Steigerung des intrauterinen Druckes charakterisirt.

1. Von dem Wehenschmerz. Der Schmerz ist bei verschiedenen

<sup>1</sup> Schatz, a. a. O. S. 132.

Gebärenden verschieden heftig. Während einige, obwohl eine Minderzahl, kaum einen Laut hören lassen, schreien andere intensiv. Einige wünschen sogar zu sterben. Auvard erzählt von einer Gebärenden aus der Pariser Maternité, welche sogar Selbstmord beging — sie warf sich vom Fenster herab — um den Schmerzen ein Ende zu machen.<sup>1</sup> Derartige Fälle sind selten; zwischen diesen Extremen kommen aber alle Uebergänge vor.

Insoweit ich bei meinen Beobachtungen habe finden können, beginnt der Schmerz in der Regel gleichzeitig mit der Uteruscontraction, d. h. gleichzeitig mit der Erhebung der intrauterinen Druckcurve. Oft kann man sogar schon bevor die Curve anfängt zu steigen, eine gewisse Unruhe — eine Veränderung des Gesichtsausdruckes, gewisse kleine Bewegungen u. s. w. — bei der Gebärenden bemerken. Dies zeigt, dass der Schmerz nicht selten schon anfängt, bevor die Contraction an der Curve erscheint.

Mit steigender Intensität der Contraction nimmt der Schmerz zu und erreicht sein Maximum auf der Höhe der Curve; darnach nimmt er wieder allmählich ab, hört aber nicht vollständig auf, ehe das Herabsinken der Curve aufgehört hat. Zuweilen dauert er noch länger.

Diese Darstellung steht mit denjenigen von Pouillet, Polaillon<sup>2</sup> und Acconci<sup>3</sup> gegebenen im Widerspruch. Polaillon hat sogar an den Curven ein Zeichen gemacht, wann der Schmerz anfängt und endet. Daraus hat er die Dauer des Schmerzes im Verhältniss zu derjenigen der Contraction berechnet. Bei zehn an derselben Gebärenden gemachten Beobachtungen hat er gefunden, dass der Schmerz 16—55 Sec. nach dem Anfang der Contraction beginnt, und 10—44 Sec. vor dem Ende der Contraction aufhört.

Gegen diese Beobachtungen kann man aber bemerken, dass sie einem einzigen Falle entstammen. Dass Ausnahmefälle vorkommen, will ich gar nicht bestreiten; die Regel ist aber nach meiner Erfahrung, dass die Contraction vom Anfang bis zum Ende schmerzhaft ist — obwohl in einem verschiedenen Grade.

Auch Acconci hat das Aufhören des Schmerzes in einem gewissen Punkte des absteigenden Curventheiles nicht constatiren können. Dagegen hat er am aufsteigenden Schenkel der Curve einen Punkt markirt, wo der Schmerz anfängt. Dieser Punkt liegt an der Grenze zwischen dem ersten und zweiten Drittel dieses Schenkels.

<sup>1</sup> Auvard, *Traité pratique d'accouchements*. 1890. S. 209.

<sup>2</sup> Polaillon, a. a. O. S. 30.

<sup>3</sup> Acconci, a. a. O. S. 25.

Acconci erwähnt nicht, an wie viel Gebärenden er seine Beobachtungen gemacht hat.

Ich bleibe aber bei meiner schon dargestellten Erfahrung stehen. Will man an der Curve dasjenige Moment markiren, wo das Schreien anfängt, so stellt sich die Sache auch bei meinen Versuchen ganz anders. Hier hat in den meisten Fällen das Schreien ungefähr an dem von Polaillon und Acconci markirten Orte angefangen. Das Schreien ist aber nicht dasselbe wie der Schmerz, sondern nur eine Aeussderung von Schmerz, und der Nachweis des Beginnes und des Endes des Schreiens bietet nur wenig Interesse dar.

Eine andere Frage ist, ob die Intensität des Schmerzens in irgend einem Verhältniss zu der Stärke der Wehe steht. Nach den bei den Gebärenden auftretenden Schmerzensäusserungen, wie Schreien, Schütteln u. s. w. zu urtheilen, möchte ich diese Frage mit ja beantworten: je höher der intrauterine Druck ansteigt, um so stärker sind die Schmerzensäusserungen.

Dies bezieht sich nur auf die starken und wirklichen Wehen, die am gewöhnlichsten vorkommen. Es giebt aber eine andere Art Wehen, welche sich durch ihre geringe Höhe und Dauer sowie durch heftige, sogar während der Wehenpause stattfindende Schmerzen auszeichnen. Hier begegnen wir nicht dem lauten Schreien, das auf der Höhe der ordentlichen Wehen vorkommt, sondern einem peinlicheren, unangenehmen Winseln, das die ganze Zeit dauert und nur etwas stärker während der Wehen als in den Pausen ist. Bei meinen Versuchen habe ich nur einen Fall dieser Art beobachtet.

2. Von der Form der Curve. Im Allgemeinen zeigt die Curve während der Eröffnungsperiode, wo die Bauchpresse nur selten theilnimmt, ihre reinste Form. Jedoch bietet sie auch in diesem Stadium gewisse Unstetigkeiten dar, welche von verschiedenen Extra-Bewegungen bedingt sind und sich als grössere oder kleinere Erhebungen an der Curve darstellen.

Unter diesen accessorischen Bewegungen mögen Schreien, Seufzen, Husten, Schnäuzen, Lachen, Niesen, allgemeine Körperbewegungen, wie Erhebung des Rumpfes und Lageveränderungen überhaupt, genannt werden. Der Einfluss dieser Bewegungen ist von Polaillon beobachtet und abgebildet worden; auch machen sich nach ihm die gewöhnlichen Respirationsbewegungen an der intrauterinen Druckcurve geltend. Bei meinen Versuchen habe ich dies nicht beobachtet, was wahrscheinlich davon abhängt, dass die von mir benutzten Membranen nicht genug empfindlich waren, um von den bei gewöhnlicher, ruhiger Athmung stattfindenden Variationen des intraabdominalen Druckes beeinflusst zu

werden. Ferner hat Polaillon Curven mitgetheilt, welche den Einfluss der bei Uriniren und Defäcation stattfindenden Druckschwankungen veranschaulichen. Auch sollen sich Bewegungen des Kindes an der Curve als Erhebungen markiren. Ich habe letzteres nie gesehen. Möglicherweise waren sie bei den Versuchen Polaillon's davon bedingt, dass das Kind gegen den grossen von ihm benutzten Ballon

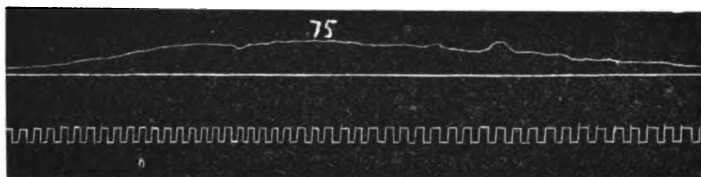


Fig. 4 (Fall XII). Normale Wehencurve.

angestossen hat. Die von mir angewandte kleine Blase dürfte weniger leicht erreichbar sein.

Ein von Polaillon dagegen nicht erwähnter Umstand, der sehr erhebliche Drucksteigerungen hervorruft, ist Erbrechen (Vgl. Taf. IV,  $f'$  und  $f''$ , Taf. V,  $e'$ ).

Alle diese Bewegungen erscheinen aber schnell und gewissermassen unmotivirt. Sie rufen steile Discontinuitäten der Curve hervor, und wenn man ihre Fusspunkte vereinigt, erhält man in allen Fällen die wirkliche Wehencurve ganz deutlich.

Auch die vom Pressen hervorgerufenen Drucksteigerungen, sogar

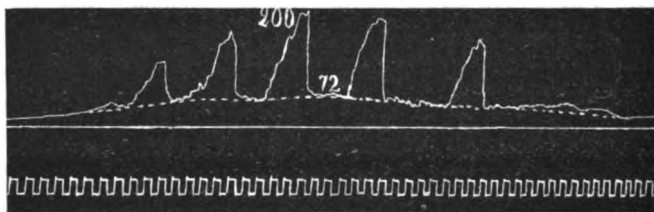


Fig. 5 (Fall XII). Einfluss der Bauchpresse.

solche, welche während der Austreibungsperiode unwillkürlich vorkommen, können in der Regel als accessorische Bewegungen aufgefasst werden, und wenn man diese Curven in der eben dargestellten Weise behandelt, so kann man ohne Schwierigkeit die von der Uterincontraction an und für sich abhängige Druckcurve construiren, auf welcher die durch Pressen bedingten Drucksteigerungen sich als mehr oder weniger spitze Erhebungen erkenntlich machen. Fig. 4 zeigt eine nor-

male Curve mit einer einzigen kleinen Discontinuität am absteigenden Aste. Fig. 5 und Fig. 6 sind vom Pressen begleitete Wehen aus demselben Versuche (XII). Werden die Fusspunkte der durch Pressen hervorgerufenen Steigerungen vereinigt (siehe die punktirten Linien), so stimmt die so erhaltene Curve mit der normalen intrauterinen Druckcurve genau überein. Die in derselben Weise construirte Curve Fig. 7

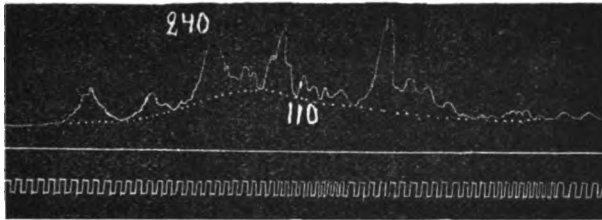


Fig. 6 (Fall XII). Einfluss der Bauchpresse.

(Fall VII) läuft etwas höher, ist aber sonst vollkommen typisch. Vgl. auch Taf. VI. Man kann also die Curve der von der Uteruscontraction bedingten Druckschwankung rein erhalten, trotzdem Pressen stattgefunden hat.

Bei jedem meiner Versuche, bei welchem Pressen vorgekommen ist, kann ich dasselbe Verhalten nachweisen, und ich kann also bei der Messung der Curven im Allgemeinen mit einer ziemlich grossen Genauigkeit den durch die Uteruscontraction an und für sich bedingten

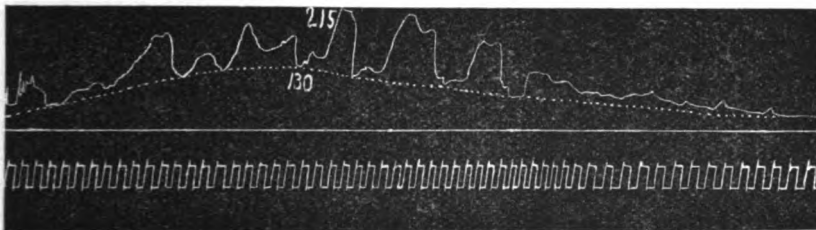


Fig. 7 (Fall VII). Einfluss der Bauchpresse.

Druckwerth bestimmen, sogar in den Fällen, wo die Bauchpresse stark thätig gewesen ist. Dieses habe ich auch überall gethan, mit alleiniger Ausnahme der letzten Wehe. Diese wird nämlich durch lange dauern- des Pressen oft so verändert, dass es nicht möglich ist, die von der Uteruscontraction an und für sich bedingte Druckcurve zu construi- ren.

Ich theile hier einige Typen dieser letzten, von Pressen begleiteten Wehen mit, während welcher der Kopf geboren ist.



Die Curve Fig. 8 bezieht sich auf die letzte, mit Pressen verbundene Wehe beim Versuch VII. Das Maximum des Druckes beträgt hier 220<sup>mm</sup> Hg.

Die Curve Fig. 9 zeigt ein Maximum von 400<sup>mm</sup> Hg (Vers. XII).

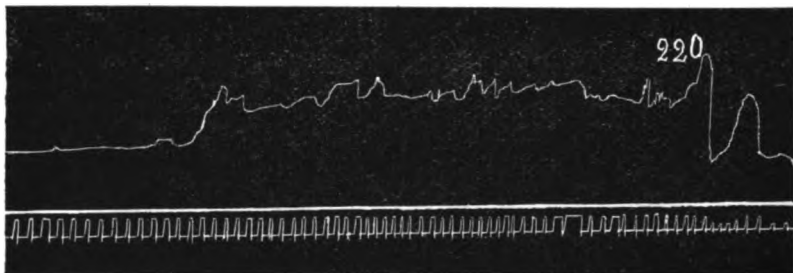


Fig. 8 (Fall VII). Die letzte Wehe.

Die Curve Fig. 10 hat eine maximale Druckhöhe von 370<sup>mm</sup> Hg (Vers. XV). Das wirkliche Druckmaximum dürfte bei diesem Versuch jedoch noch grösser gewesen sein, weil, wie es aus der Curve hervorgeht, der Gipfel der Druckcurve nicht geschrieben worden ist.

Aus diesen Beispielen geht hervor, dass die Bauchpresse während der letzten Austreibungswehe eine viel grössere Bedeutung hat, als

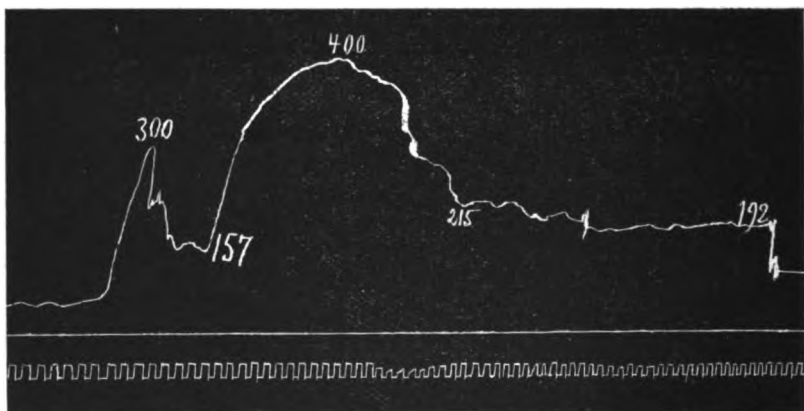


Fig. 9 (Fall XII). Die letzte Wehe.

während der früheren Wehen. Wenn man die Curven 4, 5 und 6 mit der Curve Fig. 9, welche alle demselben Falle entstammen, vergleicht, so findet man, dass die von der Uteruscontraction an und für sich bedingte Drucksteigerung nur resp. 75, 72 und 110<sup>mm</sup> Hg beträgt und die hinzukommende Thätigkeit der Bauchpresse den Druck auf

200, resp. 240 mm erhöht, während die bei der letzten Wehe stattfindende Contraction der Bauchmuskeln den Druck bis auf 400 mm Hg treibt. Dieser Werth ist der höchste von mir beobachtete.

Uebrigens variirt die Form der letzten, vom Pressen begleiteten Wehe sehr beträchtlich: von der langgestreckten, ziemlich gleichhohen Curve, die in Fig. 8 abgebildet ist, und der ziemlich gleichmässig aufsteigenden der Fig. 10 bis zu der mit einer gewaltigen und schnellen Steigerung verlaufenden Curve in Fig. 9. Die letzte, vom Pressen begleitete Wehe im Versuch VIII (Taf. VI, f) ist mehr langgestreckt und herabsinkend. Bei anderen Fällen ist sie noch länger und verhältnissmässig hoch gewesen (vgl. Vers. I, II, IV, XI, Tabelle VII).

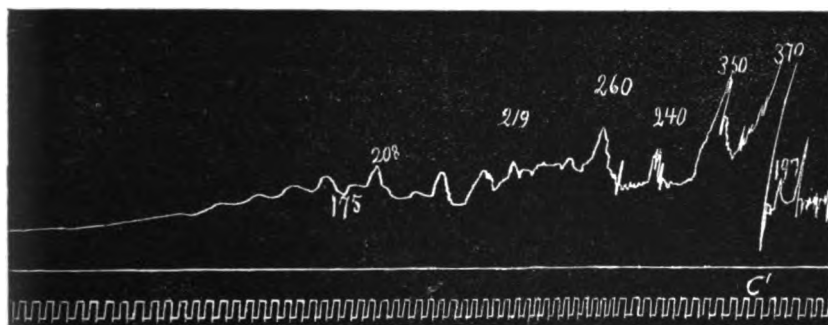


Fig. 10 (Fall XV). Die letzte Wehe.

Wenn man von der letzten Wehe und von Pressen und anderen accessorischen Bewegungen absieht, so ist der Verlauf der intrauterinen Druckschwankung im Allgemeinen sehr regelmässig. In Folge dessen brauchen wir nicht die complicirten Methoden Pouillet's, um die von der Uteruscontraction und von dem Pressen bedingten Druckschwankungen zu unterscheiden. Uebrigens dürfte es nicht gerade leicht sein, nach der Methode Pouillet's die Curve der reinen Uteruscontraction darzustellen.

In der folgenden Tabelle V habe ich den zeitlichen Verlauf der intrauterinen Druckschwankungen dargestellt, und zwar in der Weise, dass ich aus der in 5 Sec. stattgefundenen Druckvariation die Druckvariation in 1 Sec. berechnet habe.

Tabelle V.

Die intrauterine Druckschwankung in mm Hg während 1 Sekunde, nach den in Intervallen von 5 Sekunden beobachteten Druckschwankungen berechnet.

	Zeit der Druckzunahme										Zeit der Druckabnahme													
	—5	—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—45	—5	—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—45	—50	—55	—60	—65	—70	—75
Fall III	0.8	1.6	2	1.8						1	1.6	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6								
	0.8	3.4	4.4	3.2	1.4					0.8	1.8	1.4	1.8	2.4	1.6	1	1	0.8	0.6					
	0.8	2.6	3	2.4	1.2					1	1.2	1.6	1.2	1.2	1.2	1	0.8	0.8						
	1	2.6	3.2	2	0.8					1.4	2.2	2	2	1	0.6	0.4								
	1.2	2.8	2.6	1.6						0.6	1	2	1.2	1.2	1.2	1								
Fall IV	0.8	0.8	2.2	1.8						1	1.6	1.4	0.8	0.8										
	0.8	1.8	3.2	4.4	4.6	2.4				3	4.8	6.8	1.8	0.4	0.4									
	0.6	2.4	4	4.4						0.8	1.4	2.8	2	1.8	1.6	1								
	3.4	6.6	5.8	4.8	3					2	4.6	6	5.4	4	1.6									
	1.4	2	1.4							1.4	1.6	1.4	0.4											
Fall V	1.8	1	2.4	2	1	1	1.8	3		2.2	1.6	1.6	2.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2						
	1.8	1.2	4.4	2.9	2.9	2.6	2.8			1.8	3.6	2.8	2.6	2.4	1.6	1.6	1.4	1						
	1.6	1.6	3.8	4	3	3.6				1.8	2.8	3.8	2.2	1.6	1	1	1	1	0.4					
	2	2.8	1.6	2	4	3.6	3.6			1	1.2	1.6	1.6	2	3.4	1.2	1.2	1.2	2.4	1.8	1			
	1.4	1.4	2.8	5.6	6	5.2	2			2	3.6	3.6	2	1.2	1.4	1.4	1	2.6	2	1.6	1			
Fall VI	2	2.4	3	0.8	0.8	0.6				1.6	2	3	1.6	1.4										
	2.4	2.4	1.2	2.4	2.4	2.8	1.6			1.6	6.4	1.2	1.2	1	1	0.4	0.4	0.4	0.4					
	1.2	2.8	2.8	1.6	0.6					1	2	—	1.6	1.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6					
	5	5	5	6.8	5.4	4.6				4.6	3.8	1.8	2.4	4	3.4	2.8	3.6	1.2	1	1	1			
	3.6	4.2	5.4	5.6	1.8					3.2	3.4	5.6	4.6	1	1	1	0.4							

[illegible]

Tabelle V (Fortsetzung).

Zeit der Druckzunahme												Zeit der Druckabnahme											
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40			-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	
Fall XII	4	4.4	2									1.4	4	2.5	2.5								
	6	3	1.4									1.6	2.8	3	2	1.8	1.2	1					
	0.6	2.4	3.6									2.4	2.6	2.6	1.4	1.8	1.8	0.4	0.4	0.4			
	2	5.4	4.2									0.8	3.4	2	2	2.6	2	2	1	1			
	3.4	3	3.2									4.4	3.2	3	1.4	2	1.4	0.6	0.6	0.6			
Fall XIII	0.4	0.6	1.4									0.6	1.6	3	2.2	1.4	1.2	1.2	0.8	0.6	0.4	0.4	
	0.8	1.6	3.4						0.4			1.6	1.6	1.4	1	2	2	1.6	1.6				
	1	2	4									2	1.8	1.4	1.2	2.8	3	2.6	2.6				
	2.6	4	3.4									1.6	1.8	3.2	2	2	2	1.4	0.6	0.6			
	2	3.6	3.6						1.6			3	3.8	3.4	2.8	2.6	2.6	2.6	0.6				
Fall XIV	1.6	3	4.4									2	4	3.4	2	2	1.6	0.6	0.4	0.4			
	0.8	1.6	1.8									0.8	2.4	3.6	2.4	1.4	0.8	0.4	0.4				
	3	5	4.8									2	2.8	4	3	2.8	1	0.4					
	2.4	2	2.4									0.6	1.8	3.6	2.6	1.4	2	1.2	0.6				
	1.2	4	5.6									0.6	3	3.2	1.8	1.8	1.8	1.4	0.8				
Fall XV	1.4	1.4	7.4									1.4	4.4	3	2	1.2	1.2	0.8					
	0.6	2	5.4									1.4	2.6	2.6	2.4	2.4	1.6	0.6	0.4				
	1	1	3.4									0.8	1.6	1.6	0.8	0.8	0.8	1	0.8	0.6			
	2	5.4	1									1	1.2	1.8	1.2	1	1	1					
	0.8	3	2.6									1.6	2	1.4	2	1.2	0.6						

Fall	XVI											0.2
		1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
		0.8	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.4
		1.8	2.2	2.4	2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.2
		0.8	1.6	2	1.2	0.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	0.8
		1	1.2	3.4	3.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.4
		0.6	0.8	2.4	5.2	2.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1	4	2	1.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4
		0.4	0.6	2	2	4.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.2
		0.4	0.6	1	2	1.6	1	1	1	1	1	0.4
		2	4	4	1	1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1	1.8	6	5	4.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1	1	2	6	6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1	2	6	5	5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		2.4	3.2	4.4	3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		2.4	5	6.6	3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		0.8	0.8	2.2	3.4	2.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	0.6
		1	1.2	1.2	5	2.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.4
		1.2	2.2	6	3.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0.4
		0.6	0.8	1.2	2.2	4.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1.4	2.8	5.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
		1.2	2.4	4.4	4	1.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		2.2	2.4	6.4	3.8	1.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2
		1.2	5.6	5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2
		2.2	2.4	5	2.6	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2
		1.2	3.4	2.4	2.6	2.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.8

24\*

Bei der Zusammenstellung dieser Tabelle habe ich aus jedem der Versuche III—XX die fünf reinsten Curven benutzt.

Die Dauer des Ansteigens der Curven bis zum Druckmaximum beträgt

15—20—25—30—35—40—45 Sec.  
bei 4—11—32—24—12—5—2 Curven

Die Dauer des Ansteigens ist also in der Regel 25—30 Sec.  
Der absteigende Theil der Curve dauert viel länger, nämlich

20—25—30—35—40—45—50—55—60—65—70—75 Sec.  
bei 2—3—5—15—16—21—9—9—5—1—3—1 Curven.

Die Dauer der Druckabnahme vom Maximum des Druckes an gerechnet ist also in der Regel 40—45 Sec., demnach 15—20 Sec. länger, als die Dauer des Druckansteigens.

Die grösste Steilheit des Druckansteigens findet bei den verschiedenen Versuchen und bei verschiedenen Wehen desselben Versuches nicht in derselben Zeit nach dem Beginn der Wehe statt. Sie erscheint

im Versuch	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
zwischen Sec.	10—15	10—20	10—25	10—20	10—30	5—20	10—35	10—35	10—25
im Versuch	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
zwischen Sec.	0—15	10—20	10—20	5—15	10—20	5—25	10—30	10—25	5—15

Nach dieser Zusammenstellung erscheint also die schnellste Drucksteigerung bei fünf Versuchen zwischen 10—20 Sec., bei drei Versuchen zwischen 10—25 Sec., bei zwei Versuchen zwischen 10—30, bei zwei Versuchen zwischen 10—35 Sec. nach dem Beginn der Wehe. Bei zwei Versuchen findet sie früher und zwar zwischen 5—15 Sec., und bei einem Versuche sogar zwischen 0—15 Sec. statt. Uebrigens erscheint sie bei je einem Versuche zwischen 5—20, 5—25, 10—15 Sec.

Der langsamste Zuwachs des Druckes liegt in der Regel im Beginn und am Ende der Drucksteigerung. Eine Ausnahme bildet nur der Versuch XII, bei welchem zwei der bei der vorliegenden Zusammenstellung benutzten Curven den steilsten Druckanstieg eben im Beginn der Wehe zeigen. Die Dauer der Wehen ist bei diesem Versuche eine sehr kurze.

Bei der Druckabnahme nach erreichtem Maximum finden sich ganz entsprechende Variationen in Bezug auf die Lage der steilsten Drucksenkung. Diese erscheint vom Beginn der Drucksenkung an gerechnet

beim Versuch	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
zwischen Sec.	5—25	5—15	5—30	0—15	5—10	10—30	5—15	0—40	10—35
beim Versuch	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
zwischen Sec.	0—15	5—30	5—15	5—15	0—20	5—20	0—20	5—25	5—30

Also geschieht die Druckabnahme mit der grössten Schnelligkeit bei vier Versuchen zwischen 5—15 Sec. von dem Beginn der Druckabnahme an gerechnet. Dieses ist auch laut der Tabelle V die allgemeine Regel; nur kommen aber ausnahmsweise Curven vor, bei welchen sich die schnellste Drucksenkung früher oder später darstellt.

Eben im Beginn des absteigenden Curventheiles verläuft die Drucksenkung im Allgemeinen etwas langsamer. Am langsamsten findet sie gegen das Ende der Wehe statt, wo sie fast unmerkbar wird.

Nach einmal erreichtem Maximum behauptet der Druck diesen Werth eine kürzere oder längere Zeit, bis er wieder herabzusinken beginnt. Die Curve bildet also hier ein Plateau, dessen Dauer für die 90 in der Tabelle V zusammengestellten Curven aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist.

Tabelle VI.

Die Dauer des Druckmaximums bei den in der Tabelle V zusammengestellten Wehencurven; Sec.

Fall	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Maximum . . .	7	10	20	15	10	10	10	29	13
Minimum . . .	5	5	4	5	5	2	5	10	6
Mittlere Dauer	5.4	9	11.2	10.4	6.6	5	6	16.8	9.8

Fall	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Maximum . . .	9	10	5	6	10	15	10	10	10
Minimum . . .	4	5	5	5	10	5	6	7	6
Mittlere Dauer	6.4	7.4	5	5.2	10	8	7.4	7.4	8.6

Die Dauer des Plateaus variirt also nicht unerheblich. Den grössten Schwankungen begegnen wir beim Versuch X, wo diese Dauer zwischen 10 und 29 Sec. variirt, beim Versuch V, wo sie sich zwischen 4 und 20 Sec., sowie beim Versuch VIII, wo sie sich zwischen 2 und 10 Sec. bewegt. Bei den übrigen Versuchen sind die Variationen kleiner.

Aus den 90 Curven berechnet sich die mittlere Dauer des Plateaus zu 8.1 Sec.

Schatz hat bei seinen intrauterinen Druckcurven kein Plateau beobachtet. „Da wir an dem sehr kurzen menschlichen Uterus“, sagt er, „niemals eine Wehencurve bekommen mit einem Plateau an deren Spitze“ u. s. w., und ferner „Eine Art Plateau musste aber auch bei ihm entstehen, wenn die Dauer des peristaltischen Ueberlaufens mehr



beträge als diejenige der Contraction der einzelnen Muskelfasern. Man findet aber nie dergleichen“. Daraus zieht er seine Schlüsse in Bezug auf das Verhältniss zwischen der Zeit des peristaltischen Ueberlaufens und der Dauer der Contraction der einzelnen Muskelfasern.<sup>1</sup>

Bei den 90 Curven, an welchen ich derartige Bestimmungen ausgeführt habe, habe ich ein Plateau von 8.1 Sec. mittlerer Dauer gefunden. Dieses Ergebniss dürfte auch möglicher Weise dadurch bedingt sein, dass ich meine Curven bei schnellerem Gange der Trommel, als dem von Schatz benutzten, registriert habe. Dadurch werden sich die verschiedenen Stadien der Druckschwankung an der Curve deutlicher markiren, und ich habe deshalb auch keine Schwierigkeit gehabt, ein distinctes Plateau zu unterscheiden.

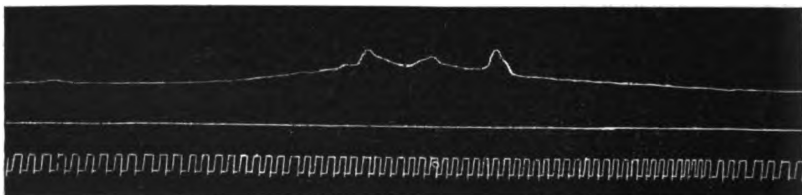


Fig. 11.

Betreffend des in der Wehencurve ausgedrückten Verlaufes der intrauterinen Druckschwankung lässt sich also der folgende Satz aufstellen:

Die Curve des intrauterinen Druckes erhebt sich zuerst langsam, dann ziemlich schnell und endlich wieder langsam, bis sie ihr Maximum erreicht. Während einer kürzeren oder längeren Zeit, im Mittel 8.1 Sec., bleibt sie auf diesem Maximum. Darnach sinkt sie wieder herab, Anfangs langsam, dann, während der 5.—25. Sec., schneller und zuletzt äusserst langsam, einen langen, ausgezogenen Schwanz bildend.

Beim Uebergang von dem Abschnitt mit schnellerer Druckabnahme zu dem letzten Abschnitt der Curve zeigt sich an der Curve gewöhnlich eine sehr wohl markirte Discontinuität. Vgl. Taf. I, c, f, h, Taf. II, b, d, e, Taf. III d, f.

Die oben erwähnte, sehr langsame Druckabnahme am Ende der Wehencurve ist von allen früheren Autoren beobachtet. Allein Schatz hat jedoch derselben eine grössere Bedeutung anerkannt. Wenn man aber diese eigenthümliche, langsame Senkung der Curve, die bei den

<sup>1</sup> Schatz, *Archiv f. Gynäkol.* XXVII. S. 290.

meisten meiner Beobachtungen constant vorkommt, näher studirt, so kann man, meines Erachtens, nicht vermeiden, hierin den Ausdruck eines Verkürzungsrückstandes bei der Uterusmusculatur zu finden. Die Deutung, die ich der stetigen Druckzunahme nach dem Sprung der Eihäute gegeben habe (vgl. S. 359), scheint in diesen Beobachtungen eine wesentliche Stütze zu erhalten.

Es scheint mir einleuchtend zu sein, dass das langsame Herabsinken der Curve nur davon bedingt sein kann, dass die Erregung der Uterusmusculatur nur langsam aufhört. Wenn der Uterusinhalt nicht verkleinert werden kann, muss der Muskel endlich nachgeben, wenigstens in Folge von Ermüdung, wenn nicht aus anderen Gründen. Wenn aber der Uterusinhalt durch das stärkere Herabdringen des Eies in das Becken oder durch den Abgang des Fruchtwassers thatsächlich kleiner wird, so macht sich dieser Verkürzungsrückstand während der Wehenpause geltend. Durch Addition dieser Verkürzungsrückstände steigt der Druck nach dem Sprung der Eihäute wieder, und wenn auch der Druck seinen früheren Werth nicht erreicht, so zeigt er jedenfalls eine Tendenz in dieser Richtung.

In der That verschwindet auch der lange Schwanz der Curve während der nach dem Sprung der Eihäute nächstfolgenden Wehen. (Vgl. Taf. V, *c*, *c'*; Taf. VI *a*.)

Noch deutlicher geht dies aus den Figg. 11 und 12 hervor.

Fig. 12 stellt eine Wehencurve eben vor dem Zerreißen der Eihäute dar (Vers. XV). Der lange Schwanz der Curve tritt sehr deutlich hervor.

Fig. 11 zeigt aus demselben Versuch die dritte Wehencurve nach dem Zerreißen der Eihäute. Hier steigt und sinkt der Druck mit gleicher Schnelligkeit. Der Schwanz wird ganz vermisst.

Nach noch einigen Wehen drückt der Kopf gegen das Perineum und tamponirt die Scheide vollständig, so dass kein Fruchtwasser mehr herausströmen kann. Die Verkürzungsrückstände haben die Zeit gehabt, sich in der Weise geltend zu machen, dass der Uterus auch



Fig. 12.

während der Wehenpause einen gewissen Druck auf seinen Inhalt ausübt. Der Schwanz erscheint wieder. Vgl. Fig. 13 (derselbe Versuch, die 6. Wehe nach dem Zerreißen der Eihäute).

Bei mehreren meiner Versuche kommt dieselbe Erscheinung vor. Die Verkürzungsrückstände des Uterusmuskels scheinen mir daher unzweifelhaft nachgewiesen zu sein.

Eine andere sehr bemerkenswerthe Erscheinung ist das Vorkommen von zwei oder mehreren Wehen ohne eine wirkliche, dazwischen liegende Pause. Der Uebergang zwischen gewöhnlichen Wehen und combinirten (Schatz) findet sich bei meinen Versuchen gar nicht selten und besonders beim Versuche XIV (vgl. Tab. II). Bei diesem Versuche sank der Druck während der (Pseudo)pause nimmer auf das gewöhnliche Niveau herab, sondern hielt sich bis zum Beginn der folgenden Wehe 13<sup>mm</sup> Hg höher, obgleich die simulirte Pause oft ziemlich lang

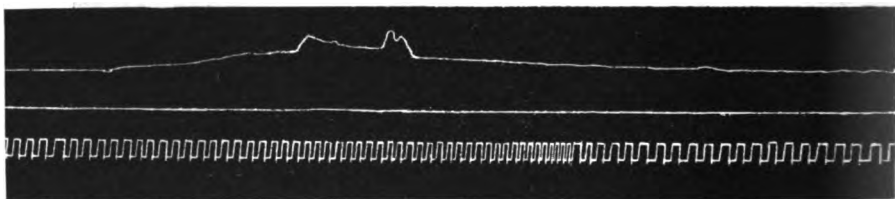


Fig. 13.

war. Beim Versuch XVI sind ein Paar solche Wehen registriert, bei welchen die Pseudopause sehr kurz ist. Bei anderen Versuchen folgen Wehen nach einander in der Weise, dass eine frühere Wehe noch nicht beendet ist, bevor eine neue Wehe erscheint. Ich habe einmal sogar vier derartige, in einander übergehende Wehen beobachtet (vgl. Taf. II, f). Die combinirten Wehen kommen nicht bei allen Versuchen vor; besonders zwei in einander übergehende Wehen sind jedoch sehr gewöhnlich (vgl. Tab. VI und VII).

Ein Umstand, der das Aussehen der Wehencurve sehr beeinflusst, ist der Sprung oder das Zerreißen der Eihäute. Die Wehe, während welcher dieses stattfindet, hat eine Form, die in Taf. V, d besonders charakteristisch hervortritt.

Zum Vergleich wird in Fig. 14 eine Curve mitgetheilt, während welcher bei c der Sprung der Eihäute spontan stattfand (Vers. XI). Diese Curve ist aber durch Pressen und Schreien verwischt. Eine reinere Curve stellt Fig. 15 dar (Vers. VII). Bei c wurden die Eihäute gesprengt.

Aus diesen Beispielen geht hervor, dass der Druck in Folge der

Verkleinerung des Eies beim Abgang des Fruchtwassers schnell herabsinkt, wodurch die Curve in einem hohen Grade deformirt wird.

Diese Verunstaltung der Curve giebt sich auch während der folgenden Wehen in der Weise zu erkennen, dass sie in der Regel nicht dieselbe Höhe wie vor dem Sprung der Eihäute erreichen (vgl. Taf. V, *d* u. s. w.). Erst nach dem Verlaufe von 5—8 Wehen wird diese Höhe wieder erreicht, wenn nämlich der Kopf die Scheide so vollständig tamponirt, dass kein Fruchtwasser mehr abfließen kann. Zuweilen trifft es auch zu, dass die Curve ihre Höhe vor dem Sprung der Eihäute nicht mehr erreicht, bevor die Entbindung stattfindet (Vers. VIII).

Uebrigens hat der Sprung der Eihäute auf die Form der Curve den Einfluss, dass unwillkürliches Pressen erscheint und die Curve deformirt. Wie ich früher bemerkt habe, kann man jedoch an solchen Curven den Verlauf der durch die Contraction des Uterus bedingten Druckschwankung in der Regel gut unterscheiden.

Wenn der Sprung der Eihäute verzögert wird, so kann unwillkürliches Pressen schon vor demselben stattfinden. Die Zeit, wann dies unwillkürliche Pressen zum Vorschein kommt, scheint mit dem vollständigen Verstreichen des Muttermundes und mit dem Herabdringen des Eies in die Scheide in einem nahen Zusammenhang zu stehen.

Nach Schatz ist die Form der Wehencurve theils von der Form des Uterus, theils von der Vertheilung der Uterusmusculatur, theils und ganz besonders davon, dass die Bewegung des Uterus eine peristaltische sei, bedingt. „Gewöhnlich befindet sich“, sagt er, „diejenige Zone des Uterus, welche durch Dicke und Umfang die grösste Muskelmasse und damit die grösste Kraft zur Verfügung hat, oberhalb der Mitte des Uterus, und dementsprechend ist der grösste intrauterine Druck und damit die Acme der Wehe vor deren Mitte, und der aufsteigende Theil derselben ist steiler als der abfallende. Manchmal

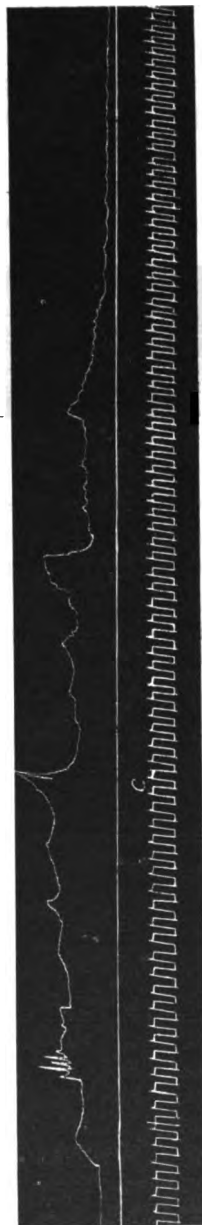


Fig. 14.

ist aber die mächtigste Zone in der Mitte, selten unterhalb derselben, und dementsprechend ist auch die Acme der Wehe in oder hinter der Mitte derselben.“<sup>1</sup>

Dies ist nur unter der Voraussetzung richtig, dass die Bewegung des Uterus eine peristaltische ist; aus der Form der Curve geht aber die Peristaltik der Bewegung nicht hervor. Obgleich ich an derselben nicht zweifle, glaube ich jedoch, dass sie nur durch andere Untersuchungsmethoden nachgewiesen werden kann.

Uebrigens kann ich aus der Form meiner Curven nicht finden, dass die Vertheilung der Uterusmusculatur bei verschiedenen Uteri

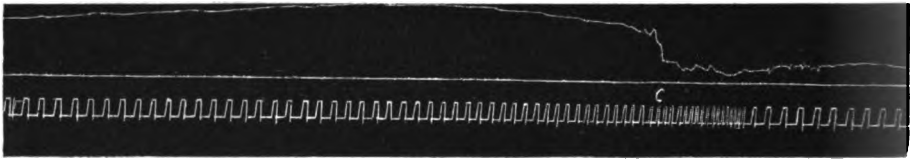


Fig. 15.

eine verschiedene ist, auch wenn die Uterusperistaltik eine bewiesene Thatsache wäre. Ich kann keine einzige, vor dem Sprung der Eihäute gewonnene Curve nachweisen, bei welcher der aufsteigende Ast länger als der absteigende wäre. Nur kurz nach dem Sprung erhält die Curve eine derartige Form; dann liegt aber die Ursache, wie ich es nachzuweisen versucht habe, in ganz anderen Umständen.

3. Von der Frequenz der Wehen. Zur vorläufigen Orientirung stelle ich zuerst einige hierher gehörige Beobachtungen in der Tab. VII zusammen.

Tabelle VII.

	Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen ¶		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen
I	8-40	—	167		I	8-55	65	120	
	8-45	65	143			8-58	60	97	
	8-49	60	150			9	60	160	
	8-53	45	160	Abgang von Fruchtwasser, wobei der Druck sank					

<sup>1</sup> Schatz, *Archiv f. Gynäkol.* XXVII. S. 288.

Tabelle VII (Fortsetzung).

	Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg.	Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg.	Bemerkungen	
II	10-26	80	170	Bei Pressen 153 <sup>mm</sup>  Während dieser Wehe wurden die Eihäute gesprengt. Dabei fand Pressen statt; Druck 120 <sup>mm</sup> Hg. Binnen 4 Sec. sank der Druck auf 62 <sup>mm</sup> herab	II	10-55 <sup>1/2</sup>	85	72	Bei Pressen 146 <sup>mm</sup>	
	10-30	55	180			11-00 <sup>1/2</sup>	70	142	Pressen	
	10-35	50	73			11-03 <sup>1/2</sup>	60	127	"	
	10-36	120	121			11-05	45	146	"	
	—	—	—			11-07	150	124	"	
	10-44	65	142			11-11	—	—	Nicht registr.	
	10-48	110	110			11-13 <sup>1/2</sup>	45	127	Pressen	
III	10-53	60	105	Wechsel der Registrirtrommel	III	11-15	130	105	Bei Pressen 220 <sup>mm</sup> . Der Kopf wurde geboren.	
	8-10	70	60			11-18	50	150		
	8-12	60	50			11-19 <sup>1/2</sup>	40	130		
	8-14	50	64			11-21	120	190		
	8-17	55	64			8-55	55	71	Wechsel der Registrirtrommel	
	8-20	60	62			8-57	—	—		Nicht registrirt
	8-22	40	50			8-59	50	53		
	—	—	—			9-02	—	—		
	8-29	85	87			9-04	40	66	Wechsel der Registrirtrommel	
	8-32	—	—			9-06	45	70		
	8-34	55	83			9-08	55	72		
	8-36	55	83			9-11	45	80		
	8-39	60	90			—	—	—		
	8-41	80	90			9-15	50	36		
—	—	—	9-17	50	64					
8-47	60	85	9-20	65	70					
8-49	50	83	9-22	—	—					
8-51	25	55	9-25	75	80					
8-53	50	75	9-27	90	83					
IV	10-37	35	33	Bei Pressen 190 <sup>mm</sup> Geburt des Kopfes	IV	9-29	—	—		
	10-40	—	17			9-31	90			
	10-45	55	48			10-57	100	108		
	10-50	40	25			11-02	50	146		
						11-07	45	75		
			11-11	60	97					

Tabelle VII (Fortsetzung).

	Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen
IV	11-14			Kaum merkbare Wehen, welche sich nur wenig von der Abscisse erheben. Schreien	IV	12-15	55	106	Wechsel der Re- gistrirtrommel Sprung der Eihäute
	11-18					12-18	60	75	
	11-20					12-22	80	146	
	11-22	50	82			12-25	40.	40	
	11-26	70	125			12-28	85	91	
	—	—	—	12-30		95	151	Bei Pressen 250 <sup>mm</sup> . Geburt des Kopfes.	
	11-40	30	27	—		—	—		
	11-46	40	43	12-51		65	150		
	11-48	35	42	12-53		45	100		
	11-50	45	38	12-56		70	128		
	11-52	50	113	1-00		85	175		
	11-54	120	113	1-02 <sup>1/2</sup>		65	123		
	11-58	60	33	—		—	—		
	12-00	40	27	1-08		80	80		
	12-02	70	120	1-11		80	143		
	12-04	20	16	1-14		65	183		
	12-06	35	27	1-17		40	76		
	12-08	60	87	1-20		60	86		
	—	—	—	1-23		90	128		
12-13	45	59	1-26	70	—				
V <sup>1</sup>	1-04	80	109	Bei Pressen 220 <sup>mm</sup>	V	1-49	115	108	Bei Pressen 180 <sup>mm</sup>
	1-07	70	61			—	—	—	
	1-09	55	89			1-55	120	109	
	1-12	90	95			1-59	115	136	Bei Pressen 286 <sup>mm</sup> Bei Pressen 240 <sup>mm</sup>
	—	—	—			—	—	—	
	1-20	90	99			2-05	100	147	
	—	—	—			—	—	—	Bei Pressen 286 <sup>mm</sup> Bei Pressen 240 <sup>mm</sup>
	1-29	90	145			2-12	110	190	
	—	—	—			2-15	125	145	
	1-35	100	127			—	—	—	Bei Pressen 286 <sup>mm</sup> Bei Pressen 240 <sup>mm</sup>
	—	—	—			2-22	80	109	
	1-43	105	127			—	—	—	
1-46	130	118			2-28	—	—		

<sup>1</sup> Bei diesem Versuch konnte eine vollständige Registrierung, wegen Fehler des Zeitschreibers, nicht stattfinden.

Tabelle VII (Fortsetzung).

	Zeit	Die Dauer der Wehe		Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe		Bemerkungen
		Sec.	mm Hg				Sec.	mm Hg	
V	2.32	90	118	Bei Pressen 202 mm	V	2.59	75	192	
—	—	—	—		—	—	—	—	
2.47	75	145	—		3.07	85	164	—	
—	—	—	—						
VI	1.52	90	85	Bei Pressen 100 mm	VI	3.16	95	101	Bei Husten 110 mm
1.57	70	117	—		3.19	60	60	—	
2.00	65	117	—		—	—	—	—	
2.04	55	54	—		3.28	65	123	—	Schmerzhafte Abortiv-Wehe
2.07	80	60	—		3.33	80	101	—	
2.12	85	60	—		3.37	35	36	—	
2.17	125	60	—		3.39	80	76	—	1 1/2% chloret. morph.
2.22	60	73	—		3.43	55	60	—	
2.27	100	110	—		3.46	80	68	—	
2.32	75	76	—		3.51	105	160	—	Bei Pressen 170 mm
2.37	65	48	—		3.55	55	145	—	
2.39	55	54	—		4.01	80	115	—	
2.42	55	60	—		4.04	35	60	—	Doppelwehe; max. Druck am Ende
2.45	50	77	—		4.08	75	145	—	
—	—	—	—		4.12	55	118	—	
2.52	70	68	—		4.17	50	100	—	Schmerzhafte Abortiv-Wehe
2.55	80	60	—		4.20	70	117	—	
2.59	85	68	—		4.23	40	42	—	
3.04	75	127	—	Abortiv-Wehe, schmerzhaft	4.25	120	60	—	Doppelwehe
—	—	—	—		4.30	60	110	—	
3.11	25	30	—						
3.13	45	42	—						
VII	9.19	85	220	Sprung der Eihäute	VII	—	—	—	Kleine Abortiv-Wehen
9.24	75	117	—		9.49	50	115	—	Bei Pressen 170 mm
9.26	50	57	—		9.51	35	57	—	
9.28	90	118	—		9.55	50	95	—	
9.30	75	77	—		10.00	45	45	—	Abortiv-Wehe
9.34	110	190	—		10.03	60	70	—	
9.37	15	70	—		10.09	45	70	—	Bei Pressen 90 mm
9.39	55	109	—						



Tabelle VII (Fortsetzung).

	Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen
VII	10-13	50	70	Bei Pressen 190 mm	VII	10-28	115	64	Bei Pressen 108 mm
	10-18	35	108			10-32	65	—	220 „ "Geburt" des Kopfes
	10-26	60	120	Bei Pressen 220 mm					
IX	1-48	95	111		IX	2-33	80	85	
	1-51	70	73			2-37	80	85	Bei Husten und Er- brechen 250 mm
	1-54	115	61	Doppelwehe		—	—	—	
	1-57	65	64	Bei Erbrechen 197 mm		2-45	110	175	
	2-00	50	116			2-48	90	85	
	2-03	100	217	Kräftige Wehe!		2-51	60	70	Bei Husten 220 mm
	2-06	65	70	Bei Husten 230 bis 183 mm		2-54	135	85	Doppelwehe. Bei Husten 215 mm
	2-10	60	93			2-57	90	75	
	2-13	105	93			3-00	60	85	
	2-16	85	104			3-04	60	133	
	2-19	60	70	Bei Husten 130 mm		3-07	70	113	Ende des Versuches Der Muttermund für 2 Finger offen, der Rand dünn.
	2-22	60	105	Doppelwehe					
	2-24	40	93						
	2-26	70	104						
	2-30	75	105						
X	10-33	70	42		X	11-42	90	66	
	10-38	90	100			11-45	40	27	
	10-42	45	42			11-46	105	91	Sprung der Eihäute
	10-43 1/2	120	75			11-50	30	35	
	10-46	50	27	Abortiv-Wehe		11-53	90	42	
	10-50	75	75			11-56	40	36	
	10-56	70	42			11-59	85	66	
	10-59	30	20			12-02	20	37	
	11-02	75	110			12-05	70	50	
	11-07	95	58			—	—	—	
	11-13	80	42			12-12	80	42	
	11-19	190	66	Dreifache Wehe mit kleinem Druck		12-15	160	35	Doppelwehe
	11-26	75	66			12-21	40	30	Schmerzhaft
	11-30	20	35			12-25	130	75	
	11-33	80	75			12-30	25	30	
	11-38	85	58			12-32	85	75	
						12-37	30	30	

Tabelle VII (Fortsetzung).

Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen
X 12-42	70	58	Doppelwehe	X	12-58	75	91	
12-46	65	75	1½ " Morphin		1-03	100	58	Ende des Versuches.
12-52	80	75						
XI 10-10	55	82		XI	10-59	90	164	Bei Schreien und Pressen 180 mm
10-12½	65	119			11-02	120	147	
10-15	50	62			11-06	60	135	Beim Maximum der Wehe sprangen die Eihäute unmittelbar nach einem kräftigen Pressen. Dabei betrug d. Druck 190 mm, und sank unmittelbar darnach auf 82 mm herab
10-17	95	110						
10-21	70	96						
10-23	55	82						
10-27	90	119						
10-29	—	—	Die Zeit wird nicht geschrieben					
10-32	65	96			11-09	65	130	Wiederholtes Pressen; Maxim. 215 mm
—	—	—	Der Muttermund für 3 Finger offen		11-11	50	—	Keine eigentliche Wehencurve. Bei Pressen 147 mm
10-47	75	158			11-16	60	135	Bei Pressen 158 mm. Unmittelbar vor der Geburt des Kopfes bei Pressen 183 mm.
10-49	90	125						
10-51	80	147						
10-53	75	125						
10-56	95	150	Bei Schreien und Pressen 196 mm					
XII 9-10	50	75		XII	9-53	70	110	
9-13	45	62			9-56	80	75	
9-17	65	82			9-58	70	82	
9-20	60	47			10-01	85	110	
9-24	40	62			10-04	50	55	
9-27	65	82			10-06	75	104	
9-29	45	75			10-09	80	110	
9-32	60	62	Bei Erbrechen bezw. 182 und 147 mm		10-12	40	75	
9-34	110	75			10-14	50	47	
9-37	70	75			10-17	80	110	Bei Pressen 135 mm
9-39	—	—	Wechsel der Registriertrommel		10-19	90	103	Bei Pressen 130 mm
9-42	80	96			10-22	70	82	
9-45	55	96			10-24	40	82	
9-48	65	110			10-27	55	82	Bei Pressen 115 mm. Zerreißen der Eihäute
9-51	80	120						

Tabelle VII (Fortsetzung).

	Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen		Zeit	Die Dauer der Wehe Sec.	Der maxi- male Druck mm Hg	Bemerkungen
XII	10-30	60	82		XII	10-42	60	110	Bei Pressen 210 bis 240 mm
	10-32	75	82	Bei Erbrechen 175 mm					
	10-35	70	55	Bei Pressen 170 bis 200 mm. Abgang von Fruchtwasser		10-44	55	215	Beim letzten Pressen stieg der Druck auf 400 mm. Geburt des Kopfes.
	10-38	25	47						
	10-40	70	88	Bei Pressen 210 mm					
XIII	3-40	80	130		XIII	4-50	90	120	
	3-43	90	82			4-53	85	110	
	3-45 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	110	120			4-56	95	95	
	3-48	80	120			4-59	—	—	
	3-51	85	120			5-02	80	104	
	3-54	120	120			5-05	85	104	
	3-57	85	120			5-08	90	135	
	4-00	90	125			5-11	65	95	
	4-03	85	120			5-13	95	120	
	4-05 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100	104			5-17	65	82	
	4-08	100	120			5-20	45	95	
	4-11	105	125			5-22	70	62	
	4-14	100	140			5-25	80	120	
	4-17	50	135			5-28	95	104	
	4-20	75	120			5-31	105	82	
	4-23	75	125			5-34	100	120	
	4-25 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	80	120			5-37	105	104	
	4-28	95	104			5-40	90	104	
	4-30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100	125			5-44	100	120	
	4-33	100	110			5-48	105	110	
	4-35	—	—	Wechsel der Registriertrommel		5-50 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	35	68	
	4-37	115	120			5-53	80	158	
	4-40	80	104			5-56	105	95	
	4-44	95	120			5-58	60	82	
	4-47	85	120			6-00	75	95	
						6-04	95	88	
XV	7-38	45	145		XV	7-46	45	110	
	7-40	50	128			7-48	80	120	
	7-43	25	120			7-49 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	65	115	
	7-45	45	98			7-51	55	107	

Tabelle VII (Fortsetzung).

Zeit	Die Dauer		Bemerkungen		Zeit	Die Dauer		Bemerkungen
	der Wehe	Der maxi- male Druck				der Wehe	Der maxi- male Druck	
	Sec.	mm Hg				Sec.	mm Hg	
XV	7-54	75 120		XV	8-85	85 153		
	7-56	40 110			8-87	55 145		
	7-57	70 150			8-89	55 165		} Sprung der Eihäute gegen das Ende der Wehe, als der Druck bis auf 105 mm herabgesunken war. Dabei wurde der Druck durch Pressen auf 185 mm erhöht
	7-59	45 175			8-42	100 185		
	8-01	45 145			8-45	65 170		
	8-03	45 110			8-47	90 185		
	8-05	35 120			8-49	45 145		
	8-06	55 165			8-51	45 128		
	8-09	45 152			8-54	70 145		
	8-11	60 135			8-56	60 160		
	8-13	70 145			8-58	55 147		Bei Pressen 180 mm
	8-15	70 165			9-00	60 150		" " 180 "
	8-17	50 153			9-02	55 165		" " 205 "
	8-19	60 170	Bei Pressen 192 mm		9-05	50 165		" " 180 "
	8-21	95 185	} Doppelwehe ohne eine bestimmte Grenze		9-07	40 150		" " 175 "
	8-23	65 145			9-08	50 152		" " 180 "
	8-25	50 145			9-10	50 175		} Schwaches Pressen
	8-27	90 197			9-12	55 175		
	8-29	75 170			9-14	60 175		Bei Pressen 370 mm; vgl. Fig. 10.
	8-31	100 165						

Wenn man in den Tabellen II und VII die in dem ersten Stabe angeführten Zahlen näher studirt, findet man, dass die Frequenz der Wehen bei den Versuchen I, III, IV, V, VIII, IX, XI, XII, XIII, XIV, XV und XVI gross ist. Ferner stellt sich die Dauer jeder Periode — als Periode bezeichne ich die Zeit vom Beginn einer Wehe bis zum Beginn der nächsten — bei den meisten dieser Fälle ziemlich gleich. Die stattfindenden Differenzen sind zum Theil, wenn auch nicht vollständig, davon bedingt, dass die Aufzeichnung des Beginnes der Wehen nach einer gewöhnlichen Wanduhr geschah und nur mit einer Genauigkeit von etwa  $\frac{1}{2}$  Minute gemacht werden konnte. Der hierdurch entstandene Fehler der einzelnen Beobachtung wird durch die grosse Anzahl von Beobachtungen compensirt. Die mittlere Dauer sämtlicher Perioden bei jedem einzelnen Versuch beträgt:

beim Versuch I III IV V VIII IX XI XII XIII XIV XV XVI  
Min. 3.33 2.26 3.16 2.71 2.37 3.09 2.83 2.07 2.88 2.60 2.08 2.90

Mit alleiniger Ausnahme des Versuches IX, welcher im Beginn der Eröffnungsperiode registriert wurde und bei welchem die Entbindung erst 20 Stunden nach dem Ende der Registrierung stattfand, sind diese Fälle am Ende der Geburt registriert worden. Einige, wie Versuch I, beziehen sich nur auf die Austreibungsperiode oder einen Theil davon, andere enthalten das Ende der Eröffnungsperiode und die ganze Austreibungsperiode.

Bei drei anderen Fällen, Vers. II, VII und X, die auch am Ende der Geburt registriert wurden, zeigt sich die betreffende Regelmässigkeit der Perioden nicht, sondern die Perioden sind hier umwechselnd lang und kurz. Die Variation ist hier zu gross, um als nur scheinbar aufgefasst zu werden. Bei diesen Versuchen enthalten die langen Perioden kräftige Wehen. Mehrere solche Perioden können nach einander folgen; zuweilen schiebt sich eine kleine, kurze und schwache Wehe, sozusagen unmotivirt, dazwischen.

Bei den übrigen Versuchen sind die Perioden im Allgemeinen länger. Der Versuch XVIII ist am Ende der Eröffnungsperiode registriert. Die Perioden sind ziemlich regelmässig; ihre mittlere Dauer beträgt 4.23 Min.

Beim Fall VI, der  $11\frac{1}{2}$  Stunden vor der Entbindung während der Mitte der Eröffnungsperiode beobachtet wurde, sind die Perioden ziemlich lang — 4—5 Min. —, aber auch hier kommen abortive, innerhalb der gewöhnlichen Intervallen eingeschobene Wehen vor. Die mittlere Dauer sämtlicher Perioden ist daher 3.86 Min.

Der Fall XIX ist ebenso während der Mitte der Eröffnungsperiode registriert. Die Perioden sind ziemlich lang — 4—7 Min. Ein paar Abortiv-Wehen kommen auch hier vor und verkürzen die mittlere Dauer der Perioden, die hier 4.31 Min. beträgt.

Die Fälle XVII und XX sind im Beginn der Eröffnungsperiode, und zwar alle beide 17 Stunden vor der Entbindung registriert. Bei jenem kommen eine Menge Abortiv-Wehen vor, welche den regelmässigen Rhythmus verändern, so dass kleine Perioden von 1—2 Minuten Dauer unter grossen von 5—8 Minuten vorkommen. Die mittlere Dauer wird daher nur 3.86 Min. Beim Fall XX erscheinen sehr lange Perioden, zwischen 4 und 10 Min. variirend. Die mittlere Dauer ist hier 7.73 Min.

Hieraus geht hervor

1. Dass die Frequenz der Wehen im Beginn der Eröffnungsperiode klein ist; im weiteren Verlauf der Entbindung nimmt sie allmählich zu und erreicht ihr

Maximum am Ende der Eröffnungsperiode und während der Austreibungsperiode;

2. dass die Frequenz durch lange und starke Wehen übergehend vermindert wird.

4. Von der Dauer der Wehen. Da, wie oben bemerkt, die Wehencurve in der Regel sehr ausgezogen endigt, ist es nicht selten schwierig, den Augenblick, wann die Contraction vollständig aufgehört hat, genau zu bestimmen. Der hierdurch entstandene Fehler ist jedoch im Allgemeinen nicht grösser als 5 Sec. (vgl. oben S. 348).

Für die Dauer der Wehen habe ich die in den Tabellen II und VII verzeichneten Werthe erhalten. Daraus ist die folgende Tabelle VIII hergeleitet.

Tabelle VIII.  
Die Dauer der Wehen; Sec.

Fall	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Maximum	65	150	90	120	180	125	115	155	135	190
Minimum	45	40	40	20	55	35	15	20	40	20
Mittel . .	59.1	78.5	57.9	59.6	95	69.3	61.3	83.5	78	74.6

Fall	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Maximum	120	110	120	80	100	120	100	110	120	120
Minimum	50	40	35	30	25	20	15	40	15	50
Mittel . .	73.9	64	87.2	52.6	59.4	71.4	55	61.8	63.2	75.8

Gesamtmittel aller Beobachtungen 69 Sec.

Die Maxima und Minima der Wehendauer haben ein verhältnissmässig geringes Interesse. Jene stellen nicht selten Doppelwehen dar, wie im Versuch VIII, diese sind gewöhnlich kleine, abortive Formen der Wehen, denen wir fast bei jedem Versuche begegnen. Von einem grösseren Interesse sind die mittleren Werthe der Wehendauer bei jedem einzelnen Fall. Aus diesen Mittelwerthen habe ich das Gesamtmittel zu 69 Sec. berechnet. Wenn das Gesamtmittel direct aus sämmtlichen Wehen, welche in den betreffenden Tabellen verzeichnet sind und deren Zahl 587 beträgt, berechnet wird, so ergibt es sich zu 68.7 Sec.

Das Gesamtmittel der Dauer der Wehenpause betrug 132.4 Sec. (vgl. S. 355), also fast das Doppelte der Dauer der Wehe. Etwas mehr als ein Drittel der Geburt wird demnach von Wehen gefüllt.

Mein Gesamtmittel der Dauer der Wehe stimmt mit dem seit langer Zeit angenommenen, 1 Minute, gut überein, differirt dagegen beträchtlich von dem von Polaillon ermittelten Werth, 106 Sec. Die Ursache dieser Differenz liegt darin, dass ich mein Mittel aus 587 einzelnen Wehen in 20 verschiedenen Fällen (fast allen von mir registrierten Wehen) berechnet habe, während dem Werthe Polaillon's nur 20 Wehen aus zwei Fällen zu Grunde liegen. Man darf daher dem Werthe Polaillon's keine grössere Bedeutung zuerkennen. Es trifft freilich zuweilen ein, dass man mehreren nach einander folgenden Wehen von dieser oder einer noch längeren Dauer begegnet — dieses ist aber, meiner Erfahrung nach, lange nicht die Regel.

Nach Schatz<sup>1</sup> schwankt die Dauer der Wehe zwischen 60 und 90 Sec., was mit meinem Mittel ziemlich gut übereinstimmt.

Uebt das eben vorhandene Stadium der Geburt irgend welchen Einfluss auf die Dauer der Wehen aus?

Um diese Frage zu beantworten, habe ich bei den 14 Geburten, welche am Ende der Kröffnungsperiode und während der Austreibungsperiode beobachtet worden sind, die mittlere Dauer der Wehen berechnet, und dieselbe mit der mittleren Dauer der Wehen bei den sechs Geburten (Versuch VI, IX, XVII, XVIII, XIX, XX), die in einem früheren Stadium beobachtet wurden, verglichen. Für jene ist die mittlere Wehendauer 69.8 Sec., für diese 67.1 Sec.

Die Wehendauer scheint also gegen das Ende der Geburt etwas zuzunehmen. Diese Berechnung kann aber nur unter der Voraussetzung, dass man genügend zahlreiche Beobachtungen zur Verfügung hat, richtig sein. Unter meinen Versuchen finden sich nur sechs, welche im früheren Stadium der Geburt beobachtet worden sind — was selbstverständlich den Werth der gefundenen Mittelzahlen einigermaassen verringert. Auch scheinen die Fälle I, III, IV, VII, XII, XIV einerseits, und XVI, XX andererseits, diesem Ergebniss ungünstig zu sein. Um die vorliegende Frage bestimmter beantworten zu können, muss man daher die Berechnung in einer anderen Weise durchführen, und zwar indem man bei einem und demselben Falle die Wehendauer während der verschiedenen Stadien der Geburt vergleicht.

Nun habe ich unter meinen Versuchen leider nur zwei Fälle, welche genügend lange beobachtet worden sind, um zu dem vorliegenden Zwecke benutzt werden zu können.

Fall IV wurde während der drei letzten Stunden der Geburt, von der Zeit, als der Muttermund für drei Finger offen war, bis zum Ende

<sup>1</sup> Schatz, *Archiv f. Gynäkol.* XXVII. S. 291.

der Geburt beobachtet. Dabei wurden 40 Wehen registriert. Die mittlere Dauer der 20 ersten beträgt 52.5 Sec., diejenige der 20 letzten 66.75 Sec.

Fall XV wurde während  $1\frac{3}{4}$  Stunde, von der Zeit, als der Muttermund für drei Finger offen war, bis zur Geburt des Kopfes beobachtet und dabei 47 Wehen registriert. Die mittlere Dauer der 23 ersten Wehen beträgt 55.2 Sec., die der 23 letzten 63.5 Sec.<sup>1</sup>

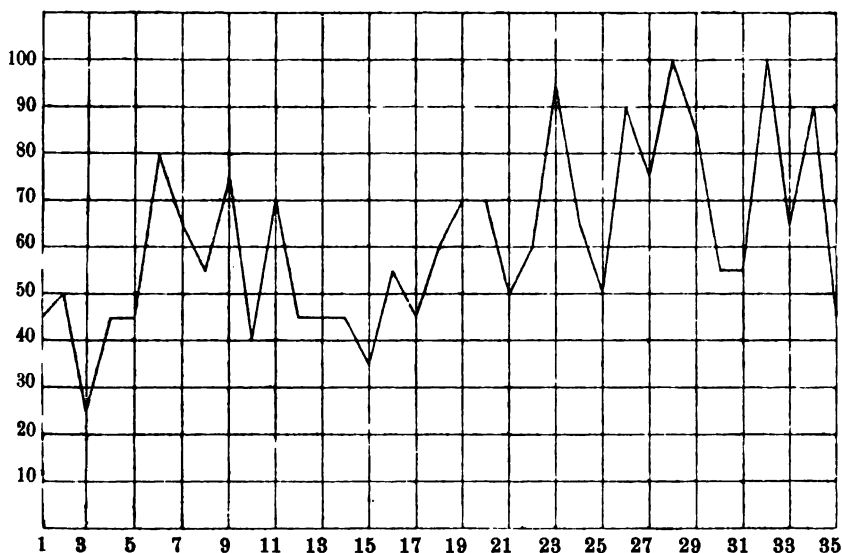


Fig. 16.

Auch aus diesen Fällen scheint also hervorzugehen,

dass die Dauer der Wehen während der früheren Stadien der Geburt kleiner ist und dass sie während des letzten Stadiums ihr Maximum erreicht.

Ich gebe es aber zu, dass meine Fälle vielleicht zu kurze Zeit beobachtet worden sind, um ganz bestimmte Schlussfolgerungen zu erlauben.

<sup>1</sup> Der Fall XII wurde während  $1^h 36'$  von der Zeit, als der Muttermund für vier Finger offen war, bis zum Ende der Geburt — also während eines ziemlich vorgeschrittenen Stadiums der Geburt — beobachtet. 35 Wehen wurden registriert. Die mittlere Dauer der 17 ersten beträgt 65.3 Sec., diejenige der 17 letzten 61.5 Sec. Also ist bei diesem Falle die mittlere Wehendauer während des späteren Stadiums kürzer. Da aber dieser Fall nur während eines verhältnissmässig späten Stadiums beobachtet worden, und die Differenz der Mittelzahlen gering ist, so beweist der Fall nicht viel gegen die Annahme einer kürzeren Wehendauer im Beginn der Geburt.



Aus den Tabellen II und VII geht noch hervor, dass die Dauer der Wehen in der Weise variirt, dass eine oder mehrere lange Wehen von einer oder mehreren kurzen, in vielfachen Variationen, nachgefolgt sind. Die Zahlen sind hier ganz deutlich. Zur besseren Uebersicht habe ich aus dem Versuch XV die Dauer der 35 ersten Wehen in Fig. 16 graphisch dargestellt. Die Abscisse bezeichnet die Reihenfolge der Wehen, die Ordinaten die Wehendauer in Sec.

5. Von dem intrauterinen Druck während der Wehe. In den Tabellen II und VII sind im zweiten Stabe die Druckmaxima verzeichnet, die ich bei der Messung der Culmina aller von mir registrirten Wehen erhalten habe. Aus der Beschreibung der Versuchsanordnung S. 340 geht hervor, dass diese Werthe demjenigen Drucke entsprechen, der im Uterus im Niveau des Beckeneinganges beim Zeitpunkte der stärksten Contraction des Uterus stattfindet. Diese Werthe sind also auch von dem hydrostatischen Druck beeinflusst, der von der Niveaudifferenz zwischen dem Beckeneingange und dem höchsten Punkt des Uterus bedingt ist. Dagegen sind die vom Pressen u. s. w. abhängigen Drucksteigerungen hier ausgeschlossen. Der hydrostatische Druck würde natürlich bei jedem Falle approximativ berechnet und von den gefundenen Werthen abgezogen werden können, wobei der ausschliesslich von der Uteruscontraction bedingte Druck erhalten würde. Jedoch habe ich, theils weil die Berechnung jedenfalls nur approximativ werden konnte, theils weil es von einem grösseren Interesse ist, den absoluten Druck in einem gewissen Punkte zu erhalten, vorgezogen, diese Berechnung nicht auszuführen, sondern statt dessen den absoluten Druck am Niveau des Beckeneinganges zu messen.

Wie aus den genannten Tabellen hervorgeht, hat dieser Druck beträchtlich variirt. Eine leichtere Uebersicht davon giebt die folgende Tabelle.

Tabelle IX.

Der intrauterine Druck auf der Höhe der Contraction.

Versuch	Zahl der registrirten Wehen	Maximum	Minimum	Mittel
		mm Hg	mm Hg	mm Hg
I	7	167	97	142.4
II	17	190	72	127.9
III	26	90	50	70.2
IV	40	188	16	87.0
V	20	192	61	126.6
VI	39	160	30	83.1

Tabelle IX (Fortsetzung).

Versuch	Zahl der registrierten Wehen	Maximum	Minimum	Mittel
		mm Hg	mm Hg	mm Hg
VII	18	220	45	98.4
VIII	31	168	28	101.8
IX	25	217	61	98.8
X	37	110	20	55.6
XI	18	164	62	121.2
XII	35	215	47	86.4
XIII	49	158	62	110.6
XIV	62	175	120	158.5
XV	47	197	98	148.9
XVI	21	140	58	100.2
XVII	28	100	30	61.2
XVIII	31	200	130	163.3
XIX	20	160	58	104.6
XX	16	146	80	108.0

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bei meinen 20 Fällen der kleinste Druck auf dem Höhepunkt der Contraction 20<sup>mm</sup> Hg, der grösste 220<sup>mm</sup> Hg betragen hat. Im Mittel aus allen, demselben Versuch zugehörigen Beobachtungen, hat der Wehendruck auf der Höhe der Contraction zwischen 55.6<sup>mm</sup> Hg (Versuch X) und 163.3<sup>mm</sup> Hg (Versuch XVIII) variirt.

Schatz giebt an, dass der intrauterine Druck, wenn der Druck der Wehenpause als Nulldruck angesehen wird, nimmer mehr als 100<sup>mm</sup> Hg beträgt, bei den meisten Fällen aber Zweidrittel, die Hälfte oder nur ein Drittel dieser Höhe erreicht.<sup>1</sup>

Aus sämmtlichen Mittelwerthen berechnet sich als Gesamtmittel der 20 Versuche der Mitteldruck der Wehe zu 107.7<sup>mm</sup> Hg. Wenn das Gesamtmittel direct aus den sämmtlichen 587 Wehen berechnet wird, so ergibt sich etwa derselbe Werth, nämlich 108.7<sup>mm</sup> Hg.

Diejenigen Fälle, welche im Beginn der Eröffnungsperiode registrirt worden sind, zeigen im Allgemeinen kleine Druckwerthe. Im Fall IX, bei welchem die Aufzeichnung während 1<sup>h</sup> 31', von dem Zeitpunkte, als der Muttermund für einen Finger offen war, registrirt wurde, ist das Mittel des maximalen Wehendruckes 98.8<sup>mm</sup> Hg.

Fall XVII wurde während 1<sup>h</sup> 55' von der Zeit, als der Muttermund für zwei Finger offen war, bis zu derjenigen, wo er sich für drei geöffnet hatte, registrirt und giebt als Mittelwerth des maximalen Wehendruckes 61.2<sup>mm</sup> Hg.

<sup>1</sup> Schatz, *Centralbl. f. Gynäkol.* 1884. S. 648.

Fall XX wurde während  $1^h 56'$  von der Zeit, als der Muttermund für einen Finger offen war, bis zu derjenigen, als er für zwei Finger offen war, registriert. Der mittlere Werth des maximalen Wehendruckes beträgt  $108^{\text{mm}}$  Hg.

Die Fälle VI, X, XIII, XIX, welche in der Mitte der Eröffnungsperiode registriert wurden (Muttermund für 2—4 Finger offen), bieten ein verschiedenes Verhalten dar. Das Mittel des maximalen Wehendruckes war beim Vers. X am geringsten ( $55.6^{\text{mm}}$  Hg). Wie schon genannt, zeichnet sich aber eben dieser Fall durch äusserst schmerzhafte und kleine Wehen aus. Beim Vers. VI ist der mittlere Druck  $83.1^{\text{mm}}$  Hg, beim Versuch XIII  $106^{\text{mm}}$ , und beim Versuch XIX  $104.6^{\text{mm}}$  Hg.

Die drei Fälle, bei welchen das Ende der Eröffnungsperiode, nicht aber die Austreibungsperiode registriert wurde (Vers. V, XIV, XVIII), zeigen einen mittleren Druck von bezw.  $126.6$ ,  $158.5$ ,  $163.3^{\text{mm}}$  Hg.

Aus diesen Fällen scheint hervorzugehen, dass der Druck im Anfang und in der Mitte der Eröffnungsperiode am geringsten, und am Ende derselben Periode am grössten ist.

Da aber das vorliegende Beobachtungsmaterial nur aus sieben Versuchen besteht, wird eine derartige, von verschiedenen Fällen gewonnene Beweisführung ziemlich unsicher, besonders da keiner dieser Fälle während verschiedener Abschnitte der Eröffnungsperiode beobachtet worden ist. Es ist daher nothwendig nachzusehen, wie sich die Sache gestaltet in einem and demselben Falle, der genügend lange registriert worden ist, um bestimmte Schlussfolgerungen zu erlauben.

Unter meinen Versuchen finden sich drei solche Fälle (IV, XII, XV).

Fall IV ist während drei Stunden, von der Zeit, als der Muttermund für drei Finger offen war, bis zum Ende der Geburt beobachtet. 40 Wehen sind dabei registriert worden.

Fall XII wurde während  $1^h 36'$ , von der Zeit, als der Muttermund für vier Finger offen war, bis zum Ende der Geburt beobachtet und dabei 35 Wehen registriert.

Fall XV wurde während  $1^h 37'$ , von der Zeit, als der Muttermund für drei Finger offen war, bis zum Ende der Geburt beobachtet und 47 Wehen registriert.

Wenn man die bei jedem dieser Fälle registrierten Wehen in zwei Gruppen theilt, findet man Folgendes:

Fall IV	die ersten 20 Wehen:	Druck $66.4^{\text{mm}}$ ;	die 20 letzten:	Druck $107.7^{\text{mm}}$
„ XII	„ „ 17	„ „ $81.5$	„ „ 17	„ „ $90.0$
„ XV	„ „ 23	„ „ $136.6$	„ „ 23	„ „ $161.4$

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass der Wehendruck im Verlaufe der Geburt zunimmt und am Ende derselben sein Maximum erreicht.<sup>1</sup>

Jedoch finden sich Fälle, die gegen diese Regel zu sprechen scheinen. Unter diesen ist nur der Fall VIII genügend lange registriert worden, um von grösserer Bedeutung zu sein. Hier wurden 31 Wehen registriert. Das Mittel des maximalen Wehendruckes beträgt: bei den ersten 15 Wehen  $115.2^{\text{mm}}$  Hg, und bei den letzten 15 Wehen:  $90.7^{\text{mm}}$  Hg. Bei diesem Falle begegnen wir aber keinen grösseren

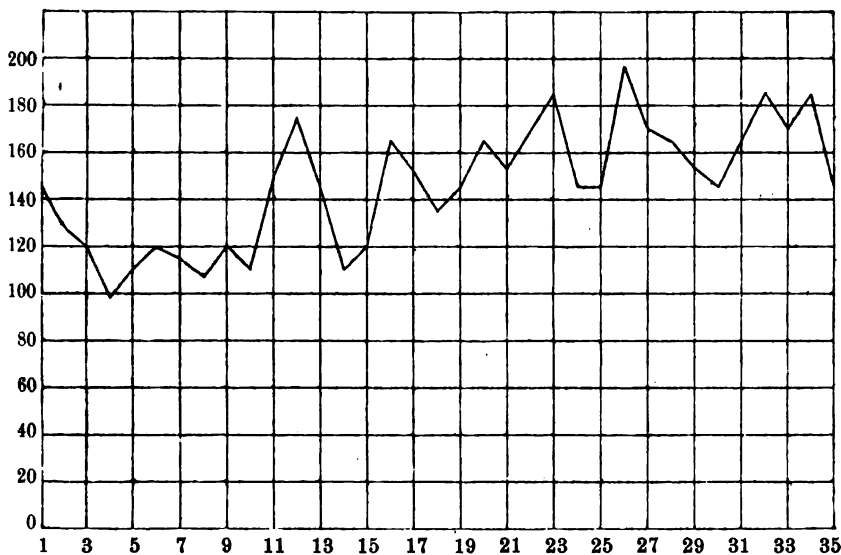


Fig. 17.

Druckschwankungen vor dem Sprung der Eihäute (vgl. Tab. II und die Tafeln I—VI). Gleich nach diesem stellte sich eine höchst beträchtliche Druckabnahme dar; der Druck betrug nämlich bei drei Wehen vor dem Sprung bzw. 147, 131,  $114^{\text{mm}}$  Hg, und bei drei Wehen unmittelbar nach dem Sprung 58, 108 und  $28^{\text{mm}}$  Hg. Bei jedem bedeutenderen Abgang von Fruchtwasser sank der Druck herab, und in Folge dessen scheint dieser Versuch gegen den eben aufgestellten Satz nichts beweisen zu können.

Die übrigen Fälle, Vers. I, II, III, VII, XI und XVI, sind zu

<sup>1</sup> Ich bemerke, dass diese Werthe sich nur auf den von den Uterus-contractionen abhängigen Druck beziehen, und dass die vom Pressen bedingten Druckschwankungen hier ausgeschlossen sind.

kurze Zeit registrirt worden, um irgend welche Schlussfolgerungen in dieser Hinsicht zu erlauben. Bei den Fällen X und XVII nimmt der Wehendruck im Verlauf der Geburt ab und die Wehen selbst wurden gegen das Ende der Beobachtungsdauer klein, schwach und äusserst schmerzhaft. Nach dem Ende der Beobachtung hörten sie sogar ganz auf. Ich hatte leider nicht die Gelegenheit, diese Fälle ferner zu beobachten und kann also die später erschienenen Druckwerthe nicht angeben. Mir scheint es ganz deutlich zu sein, dass hier eine Ermüdung des Uterus vorliegt. Ohne Zweifel spielt also der Zustand der Uterusmusculatur in Bezug auf die Stärke der Wehen eine nicht unwichtige Rolle. Schon die Druckschwankungen, die bei unmittelbar nach einander folgenden Wehen erscheinen, sind derartig, dass man an eine momentan auftretende Ermüdung der Musculatur, die von einer vorhergehenden kräftigen Wehe bedingt ist, denken muss.

In der Fig. 17 habe ich, nach dem Fall XV, die Druckschwankungen bei den 35 ersten Wehen graphisch dargestellt. Diese Curve zeigt, dass nach einer starken Wehe mehrere schwächere folgen. Darnach kommt wieder eine oder ein paar starke Wehen, und so geht es weiter fort. Wenn man diese Curve mit Fig. 16 vergleicht, welche die Dauer der Wehen aus demselben Versuche darstellt, so findet man, dass sie unter einander gut übereinstimmen. Die Curven verlaufen jedoch nicht parallel, scheinen aber in einem gewissen Verhältnisse zu einander zu stehen, so dass eine kräftige Wehe in der Regel auch eine grössere Dauer hat. Von dieser Regel kommen doch Ausnahmen nicht selten vor (vgl. Tab. II und VII).

Ein Verhalten, das betreffend des Zustandes der Uterusmusculatur nach einer oder mehreren starken Contractionen ein gewisses Interesse darbietet, ist dasjenige, dass nach einer oder mehreren starken Wehen nicht selten eine lange Wehenpause erscheint (vgl. Tab. II).

Aus diesem allen geht hervor, dass die Uterusmusculatur eine gewisse Zeit nöthig hat, um sich nach einer stärkeren Arbeit zu erholen. Dieses zeigt sich darin, dass eine schwächere Wehe oder eine längere Pause nach einer oder mehreren starken Wehen eintritt.

Ich habe schon bemerkt, dass der Druck bei den verschiedenen Fällen beträchtlich schwankt. Ich habe die Ursachen dieser Schwankungen nachzuweisen versucht und in dieser Hinsicht den Einfluss des Alters, der vorhergegangenen Entbindungen, der Körperconstitution u. s. w. studirt, jedoch ohne daraus irgend eine bestimmte Schlussfolgerung ziehen zu können. Es ist möglich, dass meine Fälle zu diesem Zwecke

zu wenig zahlreich sind. Es ist aber auch nicht unwahrscheinlich, dass individuelle Verhältnisse hierbei eine bestimmende Rolle spielen.

### Zusammenstellung der Ergebnisse.

1. Die Dauer der Wehenpause ist im Anfang der Eröffnungsperiode am grössten. In der Mitte dieser Periode wird sie kleiner und erreicht am Ende der Eröffnungsperiode und während der Ausbreitungsperiode ihr Minimum.

2. So lange das Volumen des Uterusinhaltcs nicht verändert wird, hält sich der intrauterine Druck von der einen Wehenpause zur anderen unverändert.

3. Beim Sprung der Eihäute findet eine Volum-Abnahme des Uterusinhaltcs statt, wodurch eine Abnahme des Druckes bei der nächstfolgenden Wehenpause bedingt wird.

4. Nach dieser Druckabnahme tendirt der Druck während der folgenden Wehenpausen auf seinen früheren Werth wieder anzusteigen. Jedoch wird dieser Werth nur selten erreicht, theils weil Fruchtwasser in kleinerer oder grösserer Menge während der nach dem Sprung der Eihäute stattfindenden Wehen abgeht, theils weil das Kind tiefer in's Becken hinabdringt und also das Volumen des Uterininhaltcs bei jeder Wehe abnimmt.

5. Die Schmerzensäusserungen werden bei grösserem intrauterinen Drucke stärker.

6. Die Wehencurve steigt zuerst langsam, dann ziemlich schnell und endlich wieder langsam zum Maximum hinauf. Während einer längeren oder kürzeren Zeit, im Mittel 8-1 Sec., bleibt sie auf diesem Maximum und sinkt darnach zuerst langsam, dann während 5—25 Sec. schneller und zuletzt äusserst langsam, einen lang ausgezogenen Schwanz bildend, herab.

7. Beim Uterusmuskel kommen Verkürzungsrückstände vor.

8. Die Frequenz der Wehen ist im Anfang der Eröffnungsperiode klein, nimmt im weiteren Verlauf der Geburt allmählich zu und erreicht ihr Maximum am Ende der Eröffnungsperiode und während der Austreibungsperiode.

9. Die Frequenz wird durch langdauernde und kräftige Wehen übergehend vermindert.

10. Die Dauer der Wehen ist während der früheren Stadien der Geburt kleiner und erreicht ihr Maximum während des letzten Stadiums derselben.

11. Der intrauterine Wehendruck steigt im Verlauf der Geburt und erreicht sein Maximum am Ende derselben.

12. Der Uterusmuskel hat eine gewisse Zeit nöthig, um sich nach einer stärkeren Arbeit zu erholen. Dieses zeigt sich darin, dass entweder eine schwächere Wehe oder eine längere Pause nach einer oder mehreren starken Wehen eintritt.

---

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. C. M. Groth meinen tiefgefühlten Dank dafür auszusprechen, dass er das für diese Untersuchung nöthige und von ihm selbst behandelte Kranken-Material zu meiner Verfügung gestellt hat. Ausserdem danke ich ihm und seinem ersten Assistenten, Herrn Dr. M. Sondén, für das lebhafte Interesse, mit welchem sie dieser Untersuchung gefolgt sind. Herr Dr. J. E. Johansson hat mich sowohl bei der Construction der Apparate wie bei der Ausführung der Versuche freundschaftlichst unterstützt, Herr Max Stille meine Apparate mit der grössten Sorgfalt ausgeführt; ich bitte diese Herren, meinen besten Dank dafür zu empfangen.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Die Curven werden von links nach rechts gelesen. An jeder Tafel ist die unterste Curve zuerst registriert.

## (Taf. VII.)

- Taf. I. *a* Normalstellung vor dem Oeffnen der Hähne.  
*b* Die Hähne wurden während einer Wehenpause geöffnet.  
*c* Wehe um 8<sup>h</sup> 53'  
*e* Wehe um 8<sup>h</sup> 55'  
*f* Wehe um 8<sup>h</sup> 57'  
*g* Wehe um 8<sup>h</sup> 59'  
*h* Wehe um 9<sup>h</sup> 2'. Schreien ruft kleine Unregelmässigkeiten an der Curve hervor.
- Taf. II. *a* Druck während der Wehenpause  
*b* Wehe um 9<sup>h</sup> 5'  
*c* Druck während der Wehenpause  
*d* Wehe um 9<sup>h</sup> 8'  
*e* Wehe um 9<sup>h</sup> 10'  
*f* Wehe um 9<sup>h</sup> 13'. Vierfache Wehe  
*f<sup>I</sup>* Ende der Wehe *f*.

## (Taf. VIII.)

- Taf. III. *a* Druck während der Wehenpause  
*b* Wehe um 9<sup>h</sup> 16'  
*c* Wehe um 9<sup>h</sup> 19'  
*d* Wehe um 9<sup>h</sup> 21'. Schreien; kleine Unregelmässigkeiten an der Curve  
*e* Druck während der Wehenpause  
*f* Wehe um 9<sup>h</sup> 23<sup>1</sup>/<sub>2</sub>'  
*f<sup>I</sup>* Pressen  
*g* Wehe um 9<sup>h</sup> 26'. Schreien.
- Taf. IV. *a* Wehe um 9<sup>h</sup> 31'  
*b* Druck während der Wehenpause  
*c* Wehe um 9<sup>h</sup> 34'  
*d* Druck während der Wehenpause  
*e* Wehe um 9<sup>h</sup> 36'. Schreien.  
*f* Wehe um 9<sup>h</sup> 38'. *f<sup>I</sup>* *f<sup>II</sup>* Erbrechen; *f<sup>III</sup>* *f<sup>IV</sup>* Husten  
*g* Wehe um 9<sup>h</sup> 41'  
*h* Wehe um 9<sup>h</sup> 43'. Schreien.



(Taf. IX.)

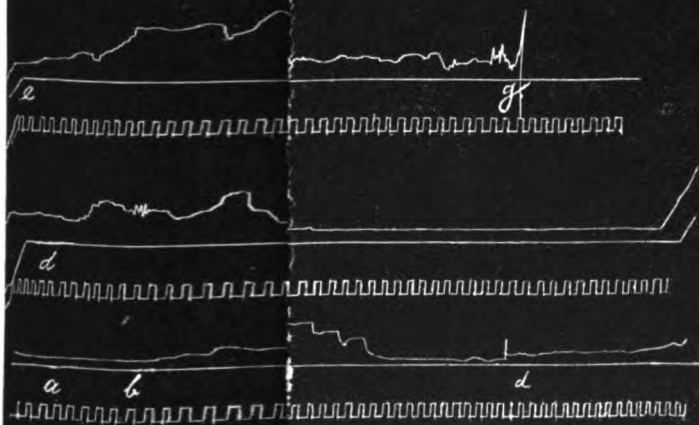
- Taf. V. *a* Wehe um 9<sup>h</sup> 45'  
*b* Wehe um 9<sup>h</sup> 47'  
*b<sup>I</sup>* Innere Exploration  
*c* Wehe um 9<sup>h</sup> 49'  
*d* Wehe um 9<sup>h</sup> 51'  
*d<sup>I</sup>* Sprung der Eihäute  
*d<sup>II</sup>* Innere Exploration  
*e* Wehe; Fortsetzung von *d*, mit welcher sie eine Doppelwehe bildet  
*e<sup>I</sup>* Erbrechen  
*e<sup>II</sup>* Pressen um 9<sup>h</sup> 54'  
*f* Doppelwehe mit Pressen um 9<sup>h</sup> 56'
- Taf. VI. *a* Druck während der Wehenpause  
*b* Wehe um 10<sup>h</sup>  
*c* Wehe mit Pressen um 10<sup>h</sup> 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>'  
*d* Wehe mit Pressen um 10<sup>h</sup> 3'. Doppelwehe  
*e* Wehe mit Pressen um 10<sup>h</sup> 6'  
*f* Wehe mit Pressen um 10<sup>h</sup> 10'  
*g* Ende der Beobachtung.
-

Taf. II

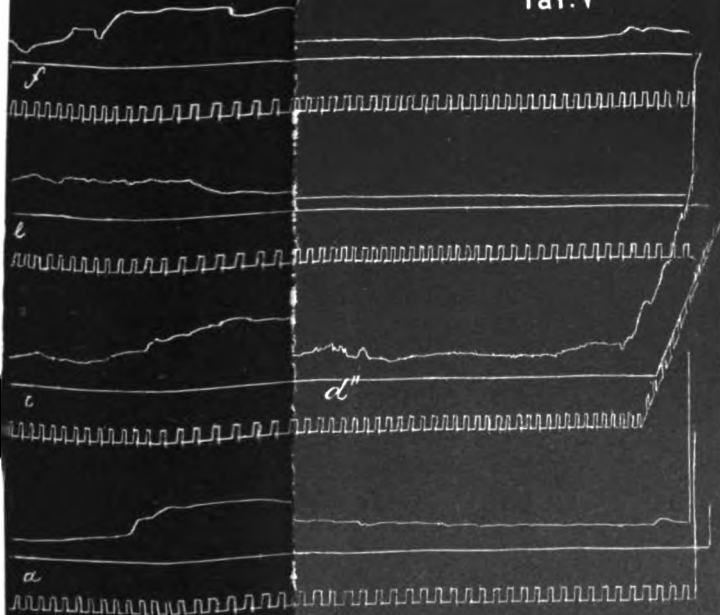
Taf. I



Taf. VI



Taf. V





# Die Länge und die Spannung des Muskels.<sup>1</sup>

Von

**Magnus Blix.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

---

## Zweite Abhandlung.

### **Die secundären elastischen Erscheinungen des ruhenden Muskels.**

Unter den theils theoretischen, theils auch experimentellen Untersuchungen der secundären Elektricität, welche die Litteratur der neueren Zeit aufzuweisen hat, dürfte nur die Untersuchung von Kohlrausch über die Nachdehnung des Kautschuks unserer hier gestellten Aufgabe so nahe kommen, dass sie unsere Aufmerksamkeit in beträchtlicherem Grade beansprucht. Kohlrausch hat nämlich gefunden, dass auch bei der Veränderlichkeit des Untersuchungsmaterials es dennoch möglich ist, ein Gesetz der Abhängigkeit der Verlängerung oder Verkürzung von der Zeit und der Spannung einigermaassen zuverlässig herauszufinden. Dieses Gesetz fällt mit demjenigen zusammen, welches der nämliche Forscher auf Grund seiner früheren Untersuchungen über die Torsionselektricität der Metallfäden aufgestellt hat. Eine ausführlichere Auseinandersetzung dieses Gegenstandes kann ich mir hier unbedingt ersparen, indem ich auf das Original<sup>2</sup> verweise.

Eine methodische Untersuchung des Muskels in der hier in Betracht kommenden Beziehung ist mir nicht bekannt. Auch scheint wohl das Material seiner Veränderlichkeit sowie auch der Dimensionen der für gewöhnlich zu Gebote stehenden Muskeln wegen kaum zu einer dermaassen delicates Untersuchung einzuladen. Andererseits ist nicht zu leugnen, dass der Muskel und zwar durch die grössere Umfassung und die schnellere Entwicklung seiner secundären Er-

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 16. Aug. 1892.

<sup>2</sup> *Poggend. Annalen.* Ser. 6. Bd. 8. 1875. S. 337 ff.

scheinungen gewisse Vortheile vor anderen bisher untersuchten Gegenständen bietet.

Das letztgenannte Verhalten weist schon an sich auf die graphische Methode als die hierbei zweckmässigste ohne weiteres hin. Ich bin dabei in der Weise zu Wege gegangen, dass ich die Länge und die Spannung des Muskels mit dem vorhin beschriebenen Längen- und Spannungsschreiber auf einem mit constanter Geschwindigkeit rotirenden Cylinder registrirt habe. Uebrigens habe ich die Versuche in mehrfacher Weise variirt.

Principiell hat man nämlich 1) zwischen secundären Längenvariationen und 2) zwischen secundären Spannungsvariationen, welche jede für sich entweder in positiver oder negativer Richtung verlaufen können, zu unterscheiden. Belasten wir beispielsweise einen vorher unbelasteten Muskel mit  $m$  Gramm, so wächst dadurch die Spannung desselben von 0 bis  $m$  Gramm, welche Spannung, bis die Belastung wieder gewechselt wird, unverändert bleibt. Die Länge des Muskels wächst dagegen, wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit, von dem Momente der Belastung fortdauernd an, und wenn sie überhaupt einen constanten Werth erlangt, so hängt dies jedenfalls von ganz anderen Einflüssen, nicht aber von der constanten Spannung ab. Der Muskel erleidet dann eine positive Längenvariation oder, wie ich es bezeichnen würde, eine Nachdehnung. Wird dagegen ein schon gespannter Muskel entlastet, so verkürzt er sich zuerst schnell, dann immer langsamer. Er erleidet also eine negative secundäre Längenvariation oder, wie ich sagen will, eine Nachschrumpfung. Zwingt man dagegen einem zuvor ungespannten Muskel eine gewisse vermehrte Länge, welche man dann constant hält, auf, so wird in Folge davon die Spannung des Muskels gleichzeitig mit der Verlängerung wachsen, um unmittelbar darnach, wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit, abzunehmen. Man erhält somit eine negative secundäre Spannungsvariation, welche ich Nacherschaffung benennen will. Wenn endlich die Länge eines vorher gespannten Muskels bis zu einer constanten Grenze reducirt wird, so entsteht nach der ersten Spannungserniedrigung eine allmählich wachsende Spannung. Diese ist also eine positive secundäre Spannungsvariation oder Nachspannung.

Die nöthigen Handgriffe, um die Spannung oder die Länge des Muskels zu vermehren oder zu vermindern, brauche ich nicht zu beschreiben. Nur ist hervorzuheben, dass sie mit grosser Genauigkeit ausgeführt werden müssen, namentlich einerseits nicht so geschwind, dass sie Eigenschwingungen der Schreibapparate hervorrufen, und andererseits nicht so langsam, dass ein beträchtlicher Antheil von den secundären

Variationen in die primäre Längen- oder Spannungsvariation eingemischt wird. Eine vollständige Trennung dieser beiden lässt sich nicht ausführen, weil dies massenlose Schreibhebel und ausserdem die Aufhebung des Einflusses der Muskelmasse voraussetzen würde.

Durch besondere Versuche habe ich mich jedoch überzeugen können, dass eine sehr kurzdauernde Spannungsvermehrung einen merklichen secundären Längenzuwachs nicht hervorruft. Bei diesen Versuchen bin ich in der Weise zu Wege gegangen, dass ich ein Gewicht aus einer gewissen Höhe habe fallen und in dem Falle einen in den unteren Ende des Muskels befestigten Faden spannen lassen. Eines der Verbindungsglieder zwischen Muskel und Gewicht bildete ein Sprengbügel.<sup>1</sup> Dadurch wurde erzielt, dass in dem Momente, wo die Spannung des Muskels die Höhe erreicht hatte, um den Bügel zu sprengen, die Verbindung aufgehoben wurde. Der Muskel bekam dann unmittelbar seine ursprüngliche Spannung zurück und der Längenschreiber zeigte ebenfalls nach ein paar Oscillationen durchschnittlich dieselbe Länge wie vor dem Versuche. Um eine merkbare Nachdehnung hervorzubringen, wird also eine in einer nicht unendlich kurzen Zeit verlaufende Spannungsvermehrung erforderlich sein.

Meine Hoffnungen, das functionelle Verhalten der elastischen Nachwirkungen und der Zeit völlig zu ermitteln, haben sich nicht erfüllt. Das Material, welches ich, nachdem es mir gelungen war, die Methode zu gewünschtem Grade von Exactheit hinaufzubringen, gesammelt habe, stelle ich denjenigen zur Verfügung, welche mit dem Versuche, die Zahlen unter mathematischen Formeln zu ordnen, ihre Kräfte zu prüfen die Lust haben werden. Ich verweise in Bezug darauf auf den Anhang zu dieser Abhandlung (S. 406).

Ueber die Methode, mittels welcher diese Zahlen gewonnen sind, dürften noch einige Worte hinzuzufügen sein. Eine theuer gekaufte Erfahrung hat mich die Nothwendigkeit, die Axen der Schreibapparate mit der Axe des rotirenden Cylinders unerschütterlich zu vereinigen, ebenso wie im Ganzen strenge dafür zu sorgen, dass alle Apparate so fest und solide wie möglich aufgestellt werden, gelehrt. Auf einen anderen ebenfalls wichtigen Umstand hat der Mechaniker des Instituts, Herr H. Sandström, meine Aufmerksamkeit gelenkt, den nämlich, dass das Papier und damit auch die darauf geschriebenen Curven beim Fixiren und Abheben vom Cylinder deformirt werden müssen. Es erwies sich darum als nöthig, ohne vorherige Fixirung und Abhebung vom Cylinder die Coordinaten der Curven zu messen. Ein von demselben

<sup>1</sup> Dieses Archiv. Bd. III. S. 312, Fig. 5 a.



Mechaniker zu dem Zwecke besonders construirter und angefertigter Curvenmessungsapparat erlaubte mir glücklicher Weise diese Messungen einfacher, schneller und vor Allem exacter auszuführen, als es mit irgend einem der mir bekannten Curvenmessungsapparate meines Erachtens möglich gewesen wäre. Das Hauptgewicht liegt hierbei natürlich auf der ausserordentlichen Präcision, mit welcher die Mikrometerschrauben hergestellt wurden. Die Construction des Apparates dürfte mit hinreichender Deutlichkeit aus den Figuren hervorgehen (siehe die Nachschrift).

Die mit dem Curvenmessungsapparat gemessenen Coordinaten müssen zuerst einer Correction unterworfen werden, um in ein geradliniges und rechtwinkliges Coordinatensystem eingepasst werden zu können. Die Schreibarme zeichnen nämlich Bogenlinien und zwar auf einer Fläche, welche cylindrisch gekrümmt ist. In dieser Correction hat man zwischen einer durch und durch berechneten oder einer empirisch hier und da durch Interpolation construirten Tabelle zu wählen. Ich blieb bei dem letzteren.

Die corrigirten Coordinaten habe ich auf Rautenpapier in vergrössertem Maassstabe auspunktirt und dann die Pünktchen mit Hilfe sorgfältig gewählter Curvenschablonen mit einander verbunden. Auf den somit construirten Curven habe ich die Coordinaten der für die Berechnung geeigneten Punkte ausgewählt und gemessen.

Wenn nun auch meine Berechnungen hierbei fruchtlos gewesen sind, so haben sie, ebensowohl als die vorhergehenden Handgriffe, wenigstens den Nutzen mitgeführt, einen gewissen Einblick in die studirte Frage zu geben. Es hat sich dabei gezeigt, dass die allgemeine

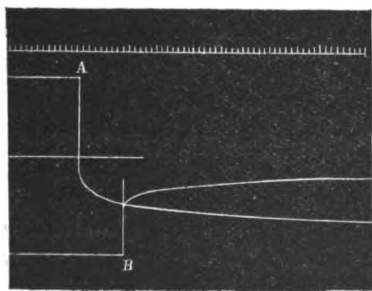


Fig. 8. Zwei Adductoren. A Belastung (100 \*). B Ablastung.

Form der Nachdehnungcurve, der Nachschrumpfungcurve u. s. w. je nach den verschiedenen Präparaten (Individuen?), nach der verschiedenen vorhergegangenen Behandlung oder aber vielleicht auch anderen Umständen, welchen Rechnung zu tragen nicht leicht sein dürfte, sehr wechselnd ist. Im Allgemeinen zeigen zwar diese Curven einen regelmässigen Verlauf, jedoch kommen solche mit einem Wendepunkt vor;

ja sogar einige mit zwei, selbst drei Wendepunkten habe ich gesehen. Besonders beachtenswerth dürfte es sein, dass eine Nachdehnungscurve und eine unmittelbar darnach von demselben Muskel ge-

schriebene Nachschumpfungcurve oft einen unverkennbaren, mitunter einen fast vollkommen übereinstimmenden Typus zeigen. Dasselbe gilt von unmittelbar nacheinander geschriebenen Nacherschlaßungs- und Nachspannungscuren. Fig. 8 zeigt Beispiele von Nachdehnungs- und Nachschumpfungscuren bei einer Spannungsvariation zwischen 0 und 100<sup>g</sup>. Um die Uebersicht zu erleichtern war jedoch die Geschwindigkeit des Cylinders geringer als bei der Herstellung der gemessenen Curven und die Ableitung wurde offenbar zu schnell gemacht.

Unter dem Einflusse des Eindrucks, den ich bei der Beschäftigung mit diesen Untersuchungen bekommen habe, liess ich mir einen Apparat anfertigen, welcher dieselben secundären elastischen Eigenschaften, die ich an den Froschmuskeln beobachtet hatte, besass. Er bestand einfach aus einem in dem einen Ende geschlossenen Rohre und einer in diesem Rohre eingeschlossenen Spiralfeder, welche mit ihrem einen Ende an den geschlossenen Boden des Rohrs befestigt war. Das Rohr war ausserdem mit einer zähen Flüssigkeit, welche die Bewegungen der Feder stark dämpfte, gefüllt. Wird das obere Ende der Feder befestigt und das untere mit einem Gewichte belastet, so wird die Feder von der zähen Flüssigkeit, in welcher sie badet, gehindert, die der Spannung entsprechende Länge sofort anzunehmen. Sie nähert sich aber derselben mit allmählich abnehmender Geschwindigkeit. Die ganze Formveränderung geht um so langsamer von statten, je zäher die Flüssigkeit ist. Badet die ganze Feder in einer ihrer Consistenz nach völlig homogenen Flüssigkeit, so zeigt die damit nachgeahmte Nachdehnungcurve einen gleichförmigen Verlauf. Sie könnte dann sicherlich mit einer generellen Formel, in welcher die Zähigkeit der Flüssigkeit unzweifelhaft eine hervorragende Rolle spielte, ausgedrückt werden. Ist aber die Flüssigkeit im Verhältniss zu den dehnbaren Elementen nicht gleichmässig vertheilt, dann entstehen aus leicht verständlichen Gründen in dem Verlaufe der Curve jene Ungleichmässigkeiten, welche uns bei den Muskelversuchen oft begegnen, und welche sich schwerlich berechnen lassen dürften.

Zieht man diesen Umstand in Betracht, und stellt man damit alles, was wir über Consistenz und Elasticität der den Muskel bildenden Gewebelemente zu wissen glauben, zusammen, so scheint mir die Mehrzahl der elastischen Erscheinungen beim Muskel hierdurch genügend erklärt. Dass dieselbe Erklärung auch auf die entsprechenden Erscheinungen gewisser anderer organischer Körper, vor Allem auf die des Kautschuks, passt, halte ich für sehr wahrscheinlich. Ueber die grössere oder geringere Berechtigung einer noch weiteren Aus-

dehnung oder sogar Verallgemeinerung will ich mich an dieser Stelle nicht aussprechen.

Ebensowenig will ich auf die Frage, welche von den Muskelementen als die festen elastischen Bänder und welche als die zähflüssigen (oder möglicher Weise plastischen) zu betrachten sind, näher eingehen.

Man wird vielleicht gegen den hier gemachten Versuch einer Erklärung der Natur der elastischen Nachwirkung den Einwand machen wollen, dass er zur Erklärung der Nacherschaffung und der Nachspannung nicht hinzureichen scheint. Nehmen wir aber in voller Uebereinstimmung mit unserer Erklärung an, dass sich die Spannung bei schneller Deformation, zu Folge derselben inneren Reibung der im Verhältniss zu dem elastischen Elemente des Muskels ungleich vertheilten zähflüssigen Substanz, anfänglich verschieden auf die verschiedenen Theile dieser Elemente vertheile. Trotz der Reibung wird sich doch diese Spannungsdifferenz allmählich ausgleichen. Hiermit scheint auch der im Allgemeinen ganz verschiedene Typus einerseits der Nachdehnungs- und der Nachschrumpfungscurve und andererseits der Nacherschaffungs- und der Nachspannungscurve sehr gut zu stimmen.

Viele andere hierhergehörige Erscheinungen stehen im Lichte der hier von mir vorgeschlagenen Erklärung oder Hypothese, wie mir scheint, sehr klar und einfach da. Nach dieser Hypothese sollte die elastische Nachwirkung mit der Dehnbarkeit der elastischen Elemente und mit der Zähigkeit der zähflüssigen Substanz im Umfang wachsen. Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass die Dehnbarkeit der elastischen Substanz des Muskels abnimmt, sobald die Dehnung vermehrt wird. Wir haben also bei einem Muskel, welchen wir mit einem ersten Gewichte belasten, einen anderen Verlauf der Nachdehnungscurve zu erwarten, als wenn wir die Belastung desselben mit noch einem gleichen Gewichte vornehmen. Dass der Muskel in der That sich gerade so verhält, ist leicht zu constatiren. Weiter geht aus derselben Ueberlegung hervor, dass die zähflüssige Substanz in einem gegebenen Zeitmomente einen um so grösseren Einfluss auf die Form des Muskels hat, je weniger der Muskel belastet ist. Hiermit stimmt auch der oft beobachtete (oft auch übersehene) Umstand, dass die Länge des unbelasteten Muskels sehr variabel und von dem, was ihn vorher passirt hat, in hohem Grade abhängig ist. Dasselbe gilt in immer geringerem Grade, je stärker der Muskel belastet wird.

Mit der Hypothese von der Zusammensetzung des Muskels aus elastischen Bändern und einer zähflüssigen Substanz muss natürlich

auch die Formveränderung, welche als physiologische Verkürzung allbekannt ist, in Zusammenhang gestellt werden. Das nähere Eingehen auf diese Frage will ich mir indessen für das Kapitel über den arbeitenden Muskel vorbehalten. Hier soll nur angezeigt werden, dass der physiologisch deformirte Muskel, nachdem er wieder zur Ruhe zurückgekehrt ist, noch einen Theil der Deformation behält, und dass dieser Deformationsrest nur allmählich verschwindet und zwar in einer Form, welche sehr an die der Nachdehnungscurven erinnert. Diese Erfahrung ist nicht neu.<sup>1</sup> Sie kann auch am Schlusse jeder Muskelzuckung mit schwacher Belastung und noch mehr nach länger dauernden Zusammenziehungen wieder gemacht werden. Die Abhängigkeit dieser Deformation von der Dauer der Zusammenziehung und der Grösse der Belastung steht offenbar mit unserer Hypothese in voller Uebereinstimmung. Der sogenannte „Verkürzungsrückstand“ scheint also derselben Natur wie die Nachdehnung zu sein.

Es giebt nun zwar ein paar Umstände, welche meiner hier vorgetragenen Auffassung im Wege zu stehen scheinen. Der Muskel kommt nämlich nicht immer nach Ablauf des „Verkürzungsrückstands“ in seine ursprüngliche Länge zurück, sondern bleibt verkürzt. Dieses findet statt, wenn er vor der Zusammenziehung einer grösseren und längerdauernden Dehnung, deren Nachwirkung beim Anfange der Zusammenziehung noch nicht aufgehört, vorher ausgesetzt gewesen ist. In Folge der Zusammenziehung schwindet dann diese Nachdehnung theilweise oder im Ganzen. Bei einer neuen Zusammenziehung kann dann ein etwa zurückbleibender Nachdehnungsrückstand weiter abnehmen, um zuletzt vollständig vertilgt zu werden und endlich einem Nachschumpfungsrückstande Platz zu machen. Mit wiederholten Zuckungen kann man hier zu demselben Resultate wie mit einem lange anhaltenden Tetanus kommen.

Ein zweiter Umstand, welcher hier zur Besprechung kommen muss, ist die Contractur, welche bei gewissen Muskeln nach mehreren oder weniger Zuckungen, längere oder kürzere tetanische Zusammenziehungen, besonders bei starker directer Reizung und bei grossem Widerstande gegen die Zusammenziehung beobachtet wird. Inwiefern die physiologische Wirksamkeit unter diesen Umständen die Reibungsverhältnisse innerhalb des Muskels verändert hat oder aber die contractilen Gewebelemente des Muskels in ihrer Functionsweise, wie man gewöhnlich anzunehmen scheint, geändert worden sind, darüber habe ich mir keine bestimmte Auffassung erworben. Anstatt mich in diese

<sup>1</sup> Magnus Blix, *Upsala Läkareförenings Förhandlingar*. 1880. Bd. XV. S. 478. — J. v. Kries, E. du Bois-Reymond's *Arch. f. Physiologie*. 1880. S. 358.

Frage zu vertiefen, lade ich den Leser ein, einen Blick auf Fig. 8a zu werfen, wo er verschiedene Beispiele sowohl der Nachdehnung und Nachschrumpfung als des Verkürzungsrückstands finden kann. Ausserdem findet man dort Beispiele von Serien von „isometrischen“ Zuckungen in gleichmässiger und gedrängter Folge. Diese zeigen theils den Einfluss der Ermüdung auf das Spannungsmaximum der Zuckungen, theils auch eine charakteristische Form der Contractur und, was uns hier betrifft des ruhenden Muskels am meisten interessirt, die Art und Weise, in welcher sich diese Contractur löst (*g*), nachdem die Reizungen aufgehört haben. Es sind dies Curven, welche alle Analogien mit einer Nacherschlaffungscurve darbieten.

### Die Elasticität des ruhenden Muskels.

Mit Festhalten an der Anschauungsweise, welche ich hier oben aufgestellt habe, wäre es jetzt unsere Aufgabe, zwischen der Elasticität des Muskels im Ganzen und zwischen der Elasticität der in demselben befindlichen elastischen Bänder zu unterscheiden. Von besonders praktischer Bedeutung ist eine derartige Trennung allerdings nicht, insofern als eine Bestimmung der einen wie der anderen uns nicht möglich ist. Die Bestimmung der Elasticität des Muskels scheitert an der Unmöglichkeit, uns von den secundären elastischen Erscheinungen frei zu machen, und die Bestimmung der Elasticität der genannten Bänder wird im Grunde von derselben Erscheinung gehindert, indem ein längeres Abwarten des vollständigen Ablaufs der Nachwirkung zwischen den Einzelbestimmungen, als mit der Haltbarkeit des Materials zu vereinbaren ist, erforderlich wäre. Annäherungsweise können wir jedoch dadurch, dass wir so langsam, als die Beschaffenheit des Materials es erlaubt, die Spannung und die Länge zuerst wachsen und dann abnehmen lassen, den Verlauf der Elasticitätscurve bestimmen. Lassen wir also, wie es z. B. Marey gethan hat, die Spannung proportional der Zeit ganz langsam wachsen und dann in derselben Weise wieder abnehmen, während der Muskel auf einem constant rotirenden Cylinder seine Länge registriert, so dürfte die gesuchte Dehnungscurve zum grössten Theile zwischen den Belastungs- und den Ablastungscurven liegen. Oder wenn wir die Länge des Muskels proportional der Zeit ganz langsam wachsen und dann in derselben Weise abnehmen lassen, während der Spannungsschreiber die Spannung derselben auf den rotirenden Cylinder registriert, so dürfte auch die gesuchte Elasticitätscurve zum grössten Theile ungefähr in der Mitte zwischen diesen Spannungscurven sich befinden. Ich habe Versuche beider Art aus-

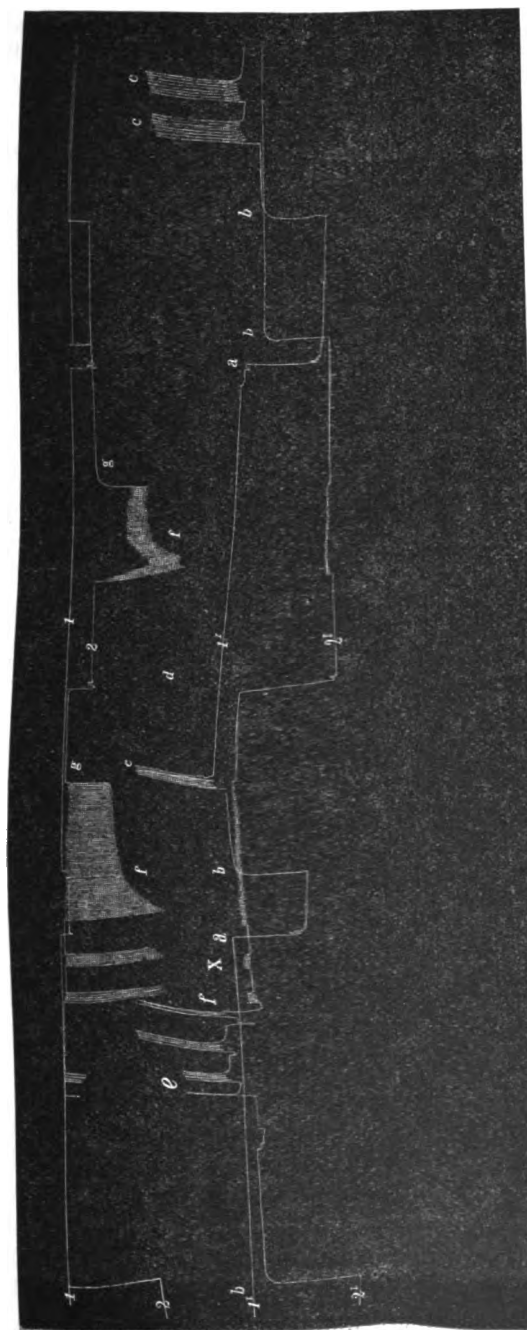


Fig. 8a. *a* Belastung (100 g u. s. w.) Nachdehnung, *b* Nachschrumpfung, *c* Einfache Zuckungen ohne Widerstand, *d* Muskeldehnung (constante Länge), Nacherschlauffung, *e* Gehemite (begrenzte) Zuckungen, *f* „Isometrische“ Zuckungen, *g* Auflösung der Spannungscontractur. *1* u. *2* Spannungen, *11* u. *21* Länge.

geführt und verweise in Bezug auf das Resultat auf die Nachschrift. Eigenthümlich genug zeigt die nach Marey's Methode gefundene Belastungscurve diesmal beinahe die Form einer Parabel, was aber natürlich als ein Zufall zu betrachten ist.

Betreffs der Methode brauche ich nicht daran zu erinnern, dass Marey den constanten Zuwachs der Belastung des Muskels dadurch gewann, dass er in eine an dem unteren Ende des Muskels angehängte Schale Quecksilber in stetigem Strome zufließen liess. Das stetige Abnehmen der Belastung fand umgekehrt statt durch den Ablass des Quecksilbers aus der Schale. Dieselbe Methode habe ich auch angewendet.

Um die Länge des Muskels proportional der Zeit zu vermehren und zu vermindern, liess ich ein kräftiges Uhrwerk die Längenvariationen bewegen.

Andere Versuche, welche ich mit Hülfe des Indicators gemacht habe, erleichtern den Ueberblick über diese Verhältnisse, wenn sie für die Berechnung nicht völlig ebenso anwendbare Curven liefern. Fig. 9 zeigt nach photographischer Reproduction drei solcher Versuche mit demselben Doppelmuskel. Die Curven sind jedoch nicht unter Beachtung der Bedingung der Langsamkeit der Längenveränderung geschrieben worden, sondern der in dem obersten Curvenpaar illustrierte Versuch ist sehr schnell ausgeführt worden, während dagegen der dem



Fig. 9. Zwei Adductoren.

mittleren Curvenpaare entsprechende ziemlich langsam, und der dem unteren entsprechende noch langsamer (in etwa 2 Minuten) vor sich gegangen ist. Mit der Variation, welche sich in diesen Curven kund giebt, vor Augen scheint es nicht unmöglich, durch passende Wahl von Zeitintervallen zwischen Wechsel der Belastung und Ablesung der Längen Punkte zu erhalten, welche in eine Curve hyperbolischer Form passen, wie es ja schon Weber und Wertheim bei ihren Versuchen gefunden haben. Auch zwischen den zwei untersten Curven in der Fig. 9 dürfte es nicht unmöglich sein, eine hyperbolische Linie zu ziehen, ohne dass weder die eine noch die andere Hyperbel nothwendig mit der Natur der physikalischen Eigenschaften des elastischen Gewebes in irgend einem näheren Zusammenhange steht.

Eine Eigenschaft dieses elastischen Gewebes habe ich jedoch, gleichwie mehrere meiner Vorgänger constatirt, nämlich die Vollkommenheit der Elasticität. Permanente Verlängerungen treten in merkbarem Grade nicht auf, vorausgesetzt, dass man nicht durch zu starke Dehnungen

gerade Berstungen in der Muskelsubstanz hervorruft. Ebenso wenig wird die Elasticität dieses Gewebes, so weit ich habe ermitteln können, durch vorhergehende Dehnungen oder Zuckungen, durch Ermüdung und dergleichen verändert. Wo Jemand zu einer entgegengesetzten Auffassung gekommen ist, hat er wahrscheinlich entweder secundäre Dehnungen oder Contracturen übersehen.

Was die totale Elasticität des Muskels betrifft, so soll hervor-gehoben sein, dass ich Versuche gemacht habe, um auch diese etwas näher an's Licht zu ziehen. Wenn man auch die Dehnungs- und die Spannungsversuche so schnell nicht ausführen kann, dass die Nach-wirkung ausgeschlossen wird, so wäre es doch denkbar, die Geschwindig-keit methodisch bis auf die Grenze, wo der Einfluss der trägen Massen sich geltend macht, zu erhöhen, um später durch Extrapolation sich dem Ziel anzunähern zu versuchen. Die Zeit und Mühe, welche ich hierauf verwendete, hat sich als zwecklos erwiesen, theils wegen der Schwierigkeiten, welche sich für das Zurückbringen des Muskels zwischen den Versuchen zu seiner Anfangslänge in den Weg stellen, theils auch weil selbst in den Versuchen, wo dieses gelang, und die sonstigen Versuchsbedingungen, so weit ich sehen konnte, identisch waren, der Verlauf der Curven sich doch nicht völlig übereinstimmend erwies. So habe ich z. B. ein Pendel die Längenvariationen des Muskels besorgen lassen, wobei also die Verlängerung und die Verkürzung, bei einer gewissen Pendellänge, die Ausgangslängen gleich gesetzt, in allen ent-sprechenden Punkten der Curven die nämliche Grösse und dieselbe Geschwindigkeit hatten. Dessen ungeachtet fielen die Curven öfters etwas verschieden aus. Wenn ich aber auch diese manchmal unbe-deutenden Abweichungen unbeachtet gelassen hätte, wäre die Extra-polation auf ein anderes Hinderniss gestossen, auf die Schwierigkeit nämlich, in diese Zahlen Ordnung zu bringen, da ich keine annehm-bare Formel finden konnte, welche auch nur für eine einzige der Curven völlig passte.

---



# Untersuchungen über die Art und das Auftreten der Albuminurie bei übrigens gesunden Personen.<sup>1</sup>

Von

Med. Lic. **Carl Flensburg**  
in Stockholm.

Die Bedeutung des sporadischen Auftretens von Albumin im Harn vollkommen gesunder Personen ist heutzutage eine Frage geworden, welche als theoretisch und praktisch sehr interessant viel Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hat; jeder Beitrag zur Lösung dieser Frage, wie unbedeutend er auch sein mag, kann deshalb nicht bedeutungslos sein.

Ich werde im Folgenden einige Mittheilungen über die Untersuchungen liefern, welche ich in dieser Hinsicht an Soldaten bei dem Södermanland-Regiment ausgeführt habe. Gleich von Anfang an war es meine Absicht, nur eine mässige Anzahl Personen zu untersuchen, statt dessen aber meine Beobachtungen auf einen um so längeren Zeitraum auszudehnen; ferner wollte ich ermitteln, welche Rolle Nukleoalbumin (mucinähnliche Substanz) bei der intermittenten Albuminurie spielen könnte, und schliesslich wünschte ich nach dem Schleudern des Harnes mit dem Sedimentator Stenbeck's genaue mikroskopische Untersuchungen über die Formelemente des albuminhaltigen Harnes zu bewerkstelligen. Mit diesen Aufgaben vor Augen ging ich an meine Arbeit.

Das Alter der Untersuchten variirte zwischen 18 und 22 Jahren; der Harn von 32 Rekruten und 21 Landwehrmännern wurde auf Albumin geprüft, jene 11, diese 6 Tage hindurch. Die Harnproben wurden mehrentheils drei Mal täglich genommen, und zwar des Morgens um 5 Uhr beim Aufstehen, des Mittags um 12—1 Uhr unmittelbar vor der Hauptmahlzeit und des Abends um 6 Uhr; um Verunreinigungen der Harnröhre zu vermeiden, wurde die zuerst abgehende Harnmenge niemals Gegenstand der Untersuchung. Als Reaction wurde Heller's Albuminprobe gebraucht.

Aus Tab. I und II ist ersichtlich, dass wenn man das Mittelprocent der mit Albuminurie Behafteten nimmt, dasselbe

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 21. October 1892.

	Morgens	Mittags	Abends
für Rekruten	0.0%	7.5%	4.24%
für Landwehrmänner	4.75%	9.19%	8.43% <sup>1</sup>

beträgt. Wenn man beide Untersuchungsreihen so zusammenstellt, dass man die Harnuntersuchungen für jeden Zeitabschnitt summiert und dann das Verhältniss zwischen deren Anzahl und den zu gleicher Zeit aufgetretenen Fällen von Albuminurie ermittelt, so erhält man als Resultat die Zahlen

2.12%    8.1%    5%

resp. bei den Morgen-, Mittag- und Abend-Untersuchungen. Wie man aus Obigem ersieht, stimmen meine Beobachtungen darin vollkommen mit denen anderer Forscher überein, dass der Mittagsharn die grösste, der Morgenharn die geringste Zahl ergiebt; vergebens sucht man jedoch bisweilen sowohl am Mittag wie am Abend nach Albumin im Harne (s. Tab. I Tag 5, Tab. I Tag. 3 und 6; Tab. II Tag. 6.)

Wenn man einen Blick auf die Tabellen wirft, wird man deutlich sehen, wie viel das Albuminurie-Procent zu derselben Zeit an verschiedenen Tagen wechseln kann. So hat der Morgenharn von 0—9.5%, der Mittagsharn vor dem Bade von 0—16%, sowie nach dem Bade von 13—31% und der Abendharn von 0—19% gewechselt. Die Eiweissquantitäten waren gewöhnlich verhältnissmässig unbedeutend. In den Tabellen habe ich durch verschiedene Bezeichnungen die Stärke der verschiedenen Eiweissreactionen thunlichst auszudrücken gesucht; quantitative Eiweissbestimmungen wurden nicht ausgeführt.

Von 53 Soldaten zeigten nicht weniger als 29 (54.7%) eiweisshaltigen Harn, wohingegen 24 (45.3%) niemals die mindeste Spur von Albuminurie zeigten. Von den 32 Rekruten, die während doppelt so langer Zeit wie die Landwehrmänner untersucht wurden, hatten 20 (62.5%) Eiweiss im Harne. Die Landwehrmänner, 21 an der Zahl, wurden nur 6 Tage hindurch beobachtet, und hatten von ihnen 9 (42.8%) eiweisshaltigen Harn. Kein einziger zeigte an allen Beobachtungstagen Eiweiss; ein Blick auf die Tabellen III und IV ergiebt sehr deutlich den Unterschied zwischen einigen, welche an den allermeisten Tagen Albuminurie zeigten und anderen, bei welchen man das Eiweiss nur einmal oder höchstens ein paarmal während der ganzen Beobachtungszeit verspüren konnte. Wenn wir z. B. die Tabelle III betrachten, werden wir bald bemerken, dass Nr. 217 und 240 einen Typus zeigen, der mit der cyklischen Form von Albuminurie wohl am allermeisten

<sup>1</sup> Siehe übrigens die Tabellen, auf welche hier und weiterhin Bezug genommen ist.

übereinstimmt,<sup>1</sup> wohingegen Nr. 493 und 994 einen mehr intermittenten Typus zeigen und Nr. 540, 75, 407, 272, 777 und 458 hübsche Beispiele der transitorischen Form mit nur einmaligem Auftreten von Eiweiss in 30 Untersuchungen darstellen. Mehrere lassen wie es scheint, nicht die geringste Gesetzmässigkeit in dem Auftreten von Eiweiss zu Tage treten. Z. B., Nr. 48, welcher zuerst am 10. und 11. Tage Eiweissreaction zeigt und Nr. 305, der am 1., 4. und 10. Tage ein ähnliches Verhältniss darstellt. Es würde zu ermüdend sein, näher auf Einzelheiten einzugehen, ich verweise deshalb auf die Tabellen, wo man auch sehen kann, wie neue, früher vollkommen normale Harnе beinahe für jeden Tag in die Reihen der eiweisshaltigen einrangirt werden. Noch am 10. Tage traten zwei vollkommen neue Fälle auf, und man kann sich nicht der Annahme enthalten, dass alle Aussicht vorhanden ist, bei länger fortgesetzten Untersuchungen Albuminurie bei jedem zu finden.

Meinen Untersuchungen zufolge wage ich die Annahme auszusprechen, dass die cyklische, intermittirende und transitorische Albuminurie am richtigsten als verschiedene Aeusserungen desselben Zustandes angesehen werden müssen, und dass, wenn sie auch als Typen berechtigt sind, es nicht möglich ist, zwischen ihnen sichere und bestimmte Grenzen zu ziehen.

Die Soldaten, deren Harn am häufigsten Albuminreaction zeigte, wurden von mir sehr genau untersucht, und waren alle vollkommen gesund befunden; ausserdem aber waren natürlich schon vor der Einstellung alle vom Arzte als ganz gesund erklärt worden.

Johnson hat gezeigt, dass Eiweiss im Harnе von drei Studenten auftrat, wenn sie längere Zeit in einem kalten Bade verweilten. Indessen sieht man auch in der Litteratur Angaben, die das Vermögen des kalten Bades, Albuminurie zu verursachen, bezweifeln. Diese Litteraturangaben waren aber von mir wenig beachtet und ich hätte daher keine Versuche hierüber angestellt, wenn es nicht die während des Fortganges der Arbeit gemachten Beobachtungen veranlast hätten. Als ich nämlich am ersten Mittag den Harn der Rekruten untersuchte, wurde Eiweiss in nicht weniger als 31 Procent erhalten, während am nächsten Tage zu derselben Zeit nur 9.68 Procent Albuminurie zeigten. Als ich nach einer Ursache dieses so bedeutenden und auffallenden Wechsels des Albuminurie-Procentes suchte, erinnerte ich mich, dass die Urinproben an jenem Tage nach, an diesem unmittelbar vor dem Bade genommen waren. Sehr angelegen zu erfahren, inwiefern das kalte Bad in dieser Sache eine Rolle spielen könnte, habe ich den Harn

<sup>1</sup> Siehe auch Tab. IV, wo Nr. 6 einen cyclisch-ähnlichen und mehrere andere einen transitorischen oder unregelmässigen Typus angeben.

mehrmals sowohl unmittelbar vor, wie gleich nach dem Bade untersucht. Der Uebersicht wegen stelle ich meine Untersuchungen in folgender Tabelle zusammen:

Tabelle.

Zahl und Procente der Albuminurie vor und nach dem Bade zeigend.<sup>1</sup>

Datum	Zeit der Untersuchung	Zahl der Albuminurie-Fälle		Albuminurie-Procente von den Untersuchten	
		vor dem Bade	nach dem Bade	vor dem Bade	nach dem Bade
4./VII.	12.30 Nachm.	—	9	—	31
5./VII.	12 Mittags	3	—	9.68	—
6./VII.	11.45—12.15	2	4	6.45	14.3
7./VII.	11.55—12.25	1	6	3.12	20.7
8./VII.	12.05 Nachm.	0	—	0	—
9./VII.	12.30 Nachm.	3	—	9.7	—
12./VII.	1.30 Nachm.	—	4	—	13
13./VII.	1.40—2.05	5	5	16.1	16.6
14./VII.	4.45—5.25 Nm.	0	5	0	16
Mittelzahl:		2	5.5	6.43	18.6

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt eine constante und mehrstentheils sehr augenfällige Steigerung der Albuminuriefälle nach dem kalten Bade, da der Durchschnitt vorher 6.43%, nachher dagegen 18.6% ausmacht. Um meiner Sache vollkommen sicher zu sein und meinen Ausspruch nicht nur auf Untersuchungen zu gründen, welche ich immer zu gleicher Zeit ausgeführt hatte, wurden die Harnproben zum letzten Mal um 5 Uhr Nachmittags genommen, eine Zeit, zu welcher die Fälle von Albuminurie sich im Abnehmen befinden; das Resultat war, dass die Albuminuriefälle von 0% vor dem Bade bis zu 16% nach demselben stiegen. In der kurzen Zeit einer halben Stunde waren also nicht weniger als 5 Albuminuriefälle aufgetreten. Die Eiweissreactionen waren auch nach dem Bade im Allgemeinen sehr deutlich; sonst konnte man meistens das Eiweiss im Abendharn nicht wiederfinden. Durch diese Versuche glaube ich vollkommen dargelegt zu haben, dass das kalte Bad ein augenfälliges Vermögen hat, Albuminurie bei vielen gesunden Personen zu erzeugen. Von 32 Rekruten hatten 20 (s. Tab. III) mitunter während der Beobachtungszeit eiweisshaltigen Harn, unter diesen waren nicht weniger als 14, bei denen die Albuminurie durch das kalte Bad hervorgerufen wurde. Mehrere unter ihnen zeigten nach einer derartigen Abkühlung wiederholentlich Eiweissreaction, und 7 derselben gaben sonst niemals die geringste Reaction mit Heller's Probe.

<sup>1</sup> Die Zahl der Untersuchten hat zwischen 28 und 32 gewechselt.

Ich habe auch einige Untersuchungen über den Einfluss angestrengter Feldmärsche und verschiedener forcirter gymnastischer Bewegungen gemacht; als ursächliche Momente der transitorischen Albuminurie scheinen sie meinen Beobachtungen nach ohne grössere Bedeutung zu sein.

Wenn man weiss, welche grosse Rolle mehrere unserer Infektionskrankheiten bei der Aetiologie der chronischen Nephritis spielen, liegt der Gedanke nahe zu ermitteln, inwiefern sie die intermittente Albuminurie nach sich ziehen. In der letzten Columne der Tabellen III und IV sind die Krankheiten angegeben, welche die Untersuchten durchgemacht haben. In Tab. III sind 20 mit Albuminurie Behaftete und 12 vollkommen Gesunde; von der ersten Gruppe haben an früheren Krankheiten 4 Scarlatina, 11 die Masern und 4 Diphtherie, von der zweiten Gruppe haben 8 die Masern und 1 Typhoidfieber durchgemacht. In Tab. IV sind von 21 Landwehrmännern 9 mit Albuminurie behaftet, von diesen hatten 6 Morbilli und 1 Typhoidfieber, und von den 12 von Albuminurie freien hatten 5 Scarlatina, 5 Morbilli und 1 Typhoidfieber durchgemacht.

Wenn man die speciellen Krankheiten beobachtet, findet man in beiden Tabellen 9 Fälle von früherer Scarlatina, von diesen zeigte nur 1 Albuminurie während einer grösseren Anzahl Tage, 3 hatten nur Spuren von Eiweiss und zwar einen oder höchstens zwei Tage hindurch, die übrigen 5 zeigten immer völlig eiweissfreien Harn. Scarlatina scheint also nach diesen Untersuchungen als ätiologisches Moment der intermittenten Albuminurie ohne eigentliche Bedeutung zu sein. Morbilli hatten ungefähr 60% von den mit Albuminurie Behafteten und 50% von den Gesunden durchgemacht. Die 4, in deren Anamnese Diphtherie erwähnt ist, zeigten zwar alle Albumin im Harn, aber nur 2 davon während einer relativ grösseren Zahl von Untersuchungstagen; von 4 mit früherem Typhoidfieber waren 2 mit Albuminurie behaftet. Nach diesen Untersuchungen dürfte also wohl kaum die intermittierende Albuminurie von früheren Infektionskrankheiten, am wenigsten von Scarlatina abhängig gemacht werden.

Das Sediment des Harnes, durch Schleudern mit Stenbeck's Sedimentator abgesetzt, wurde mehrmals mikroskopisch untersucht. Spärliche Leukocyten, einige Zellen von den Harnwegen, bisweilen einige Krystalle von Harnsäure war alles, was beobachtet wurde. Einmal wurden spärliche Krystalle von Calciumoxalat beobachtet; Harn cylindrer konnte ich trotz sorgfältigen Suchens niemals wahrnehmen.

Zum Schluss einige Worte über das Vorkommen des „Nukleoalbumins“ (der mucinähnlichen Substanz) bei der intermittenten Albuminurie

Was zunächst die Reactionen dieser Eiweisskörper angeht, will ich mich kurz fassen; wir wissen, dass dasselbe sich dadurch vom Serumalbumin unterscheidet, dass es in der Kälte durch Essigsäure gefällt wird.<sup>1</sup> Im Harn fällt die Essigsäure diese Substanz nicht vollkommen aus, zufolge der Salze des Harnes, welche die Abscheidung theilweise verhindern; um eine vollständige Ausfällung zu erhalten muss man erst durch Dialyse den grössten Theil der Salze entfernen; nach Ausfällung dieser Substanz durch Zusatz von Essigsäure wird man im Filtrate mit Heller's Probe das Serumalbumin, wenn zugegen, nachweisen können. Bei Heller's Probe erhält man bei Gegenwart von „Nukleoalbumin“ eine Trübung in der Berührungsfläche der Flüssigkeiten und eine darüber liegende mehr wolkenartige Trübung. Diese kann bei geringem Procentgehalte allein auftreten, und wenn man den Harn etwas verdünnt, so wird die Deutlichkeit dieser Reaction eher zu- als abnehmen. Beim Kochen und nachherigem Essigsäurezusatz bekommt man eine Trübung oder einen flockigen Niederschlag; mit Magnesiumsulfat in Substanz soll man der Angabe nach das Nukleoalbumin, aber nicht das Serumalbumin fallen (Unsichere Trennungsmethode).

Von 1252 Untersuchungen habe ich 97 mal den Harn eiweisshaltig gefunden; 56 derselben wurden auf „Nukleoalbumin“ durch Zusatz von Essigsäure zum verdünnten filtrirten Harn in der Kälte geprüft. Als Resultat habe ich 27 Mal deutlich, 20 Mal schwache und 9 Mal gar keine Reaction erhalten. Andere Harn, besonders wenn eine wolkenartige Trübung mit Heller's Probe die Gegenwart von „Nukleoalbumin“ wahrscheinlich machte, wurde auch nach derselben Methode auf diese Substanz geprüft; dabei wurde 7 Mal eine deutliche, 12 Mal eine schwache und 15 Mal gar keine Trübung erhalten. 8 Mal habe ich die Substanz durch Eintragen von Magnesiumsulfat gefällt, nur einmal konnte ich in dem nach 24 Stunden genommenen Filtrate Serumalbumin nachweisen, in allen übrigen Fällen konnte ich hier mit Heller's Probe nicht die geringste Reaction erhalten.

Aus obigen Untersuchungen ist ersichtlich, dass sowohl in normalem Harn, wie bei intermittenter Albuminurie das „Nukleoalbumin“ (mucinähnliche Substanz) sehr gewöhnlich auftritt. Wenn man sich auf die Trennungsmethode mit Magnesiumsulfat in Substanz verlassen könnte, so könnte man auch die Behauptung vollkommen sicher aussprechen, dass bei intermittirender Albuminurie das „Nukleoalbumin“ in den allermeisten Fällen der allein auftretende Eiweisskörper wäre, indessen halte ich zufolge anderer Untersuchungen, welche ich über Al-

<sup>1</sup> Der Sicherheit wegen muss man den Harn mit 2 Vol. Wasser verdünnen.

huminauria neonatorum<sup>1</sup> ausgeführt habe, diese Trennungsmethode nicht für vollkommen zuverlässig und halte mich deshalb nicht für berechtigt, aus den Untersuchungen mit der Magnesiumsulfatmethode einen solchen Schluss zu ziehen. Eine zuverlässige Methode, um Nukleoalbumin im Harn von Serumalbumin zu trennen, ist gegenwärtig die von K. A. H. Mörner benutzte Dialysirmethode. Zweimal habe ich von dieser Gebrauch gemacht und in beiden Fällen war das „Nukleoalbumin“ der allein vorkommende Eiweisskörper. Der Harn gab mit Heller's Probe beide Male sehr deutliche Reactionen; bei dem einen Rekruten war der unmittelbar vorher eiweissfreie Harn durch das kalte Bad eiweisshaltig gemacht worden. Nach Dialysirung des Harnes während einiger Tage wurde das „Nukleoalbumin“ mit Essigsäure gefällt; im Filtrate davon konnte ich mit Heller's Probe nicht die geringste Spur von Serumalbumin nachweisen. Der Essigsäure-Niederschlag, mit Wasser ausgewaschen und in ein wenig Natronlauge gelöst, gab dagegen mit Heller's Probe einen deutlichen Ring und eine darüber liegende starke wolkenähnliche Trübung. Wenn man diese meine Untersuchungen über das Auftreten des „Nukleoalbumins“ (der mucinähnlichen Substanz) mit den vorher beschriebenen zusammenstellt, kann man sich nicht des Gedankens erwehren, dass weitere ausführlichere Untersuchungen vielleicht zeigen würden, dass bei transitorischer, intermittenter und cyklischer Albuminurie das „Nukleoalbumin“ sehr oft der einzige im Harn auftretende Eiweisskörper ist, und dass deshalb ein weiteres Studium der Frage wesentlich zur Aufklärung dieses Zustandes beitragen würde.

Nukleoalbumin ist bei den Rindern in der Substanz der Niere und in der Schleimhaut der Harnwege nachgewiesen, auch ist Nukleoalbumin ein Bestandtheil des Protoplasmas der Leukocyten. Inwiefern das Auftreten des „Nukleoalbumins“ (der mucinähnlichen Substanz) im Harn in einem Auflösungsprocess des Epithels der Harnwege, der Nierenepithelien oder ausgewanderten weissen Blutkörperchen seinen Grund haben kann, kann man vorläufig nicht näher angeben. Wichtig ist es jedoch, dass das Auftreten dieser Substanz im Harn eine andere Bedeutung als die Gegenwart daselbst von Eiweisskörpern des Blutplasmas hat, wie es auch K. Mörner und Obermayer betont haben.

Kurz zusammengefasst, glaube ich aus meinen Untersuchungen folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

1) „Nukleoalbumin“ (mucinähnliche Substanz) kommt zuweilen als einziger Eiweisskörper bei der intermittenten Albuminurie vor.

<sup>1</sup> Der bei Albuminuria neonatorum auftretende Eiweisskörper ist, wie ich bei meinen noch nicht publicirten Untersuchungen gefunden habe, nicht Serumalbumin, sondern mucinähnliche Substanz („Nukleoalbumin“).

2) Das kalte Bad hat ein augenfälliges Vermögen, bei gesunden Personen transitorische Albuminurie hervorzurufen.

3) Frühere Infektionskrankheiten (Scarlatina, Morbilli, Diphtheritis) sind nach meiner verhältnissmässig geringen Statistik als ätiologische Momente der periodischen Albuminurie ohne grössere Bedeutung.

4) Harncylinder habe ich niemals in dem nach Schleudern erhaltenen Sediment nachweisen können.

Tabelle I.

Albuminurie in Procenten bei 32 an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten untersuchten Rekruten zeigend.

Tage	Beim Auf- stehen um 5 Uhr	7-9 Vorm.	9 Vorm.	11 Vorm.	Vor dem Bade 12 M.	Nach dem Bade 12-3 Nm.	2 Nm.	Vor dem Bade 4-5 Nm.	Nach dem Bade 5-25 Nm.	6 Nm.	Anmerkung
1	—	—	—	—	—	31	—	—	—	6.9	Bad
2	0	—	—	—	9.68	—	—	—	—	3.22	
3	0	—	—	—	6.45	14.3	—	—	—	0	Bad
4	0	—	—	—	3.12	20.7	—	—	—	6.66	Bad
5	—	9.6	—	—	0	—	—	—	—	6.45	
6	—	6.45	—	—	9.7	—	—	—	—	0	
7	—	—	6.45	14	—	—	—	—	—	—	Um 9 Uhr Vorm. Genuss von Bier
8	—	6.45	—	—	—	—	9.7	—	—	6.45	Feldmarsch 8-2
9	—	6.66	—	—	—	13	—	—	—	—	Bad
10	—	—	—	—	16.1	16.6	—	—	—	—	Bad
11	0	—	—	—	—	—	—	0	16	—	Bad
Mittel- procent	0	7.29	—	—	7.5	19.1	—	—	—	4.24	

Tabelle II.

Albuminurie in Procenten bei 21 an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten untersuchten Landwehrmännern zeigend.

Tage	Beim Aufstehen um 5 Uhr	11 Vm.	4.30 Nm.	6 Nm.	Anmerkung
	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	
1	9.5	10	—	4.75	
2	9.5	6.66	—	19	
3	4.75	14.3	—	10	
4	0	10	—	—	
5	—	—	9.5	—	Feldmarsch
6	0	5	—	0	
Mittel- procent	4.75	9.19	—	8.43	



## Die Menge und das Vorkommen von Eiweiss im Harn

Nummer	1. Tag			2. Tag			3. Tag			4. Tag			5. Tag			6. Tag			
	Bad			Bad			Bad			Bad			Bad			Bad			
	5-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	5-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	5-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	5-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	7-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	7-30 Vm.	12 M. vor dem 12-30 nach dem	6 Nm.	
136	—	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Sp)	0	0	0	0	0	0	0
217	—	Alb	(Sp)	0	(Sp)	0	0	0	Alb	0	0	Alb	Sp	Sp	Alb	0	Sp	0	0
240	—	Alb	0	0	0	Sp	0	0	Sp	0	0	0	Alb	0	(Sp)	0	(Sp)	0	Sp
305	—	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	0	0	0
350	—	Alb	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
493	—	Alb	Sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	0	0
540	—	(Sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
637	—	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
994	—	Alb	0	—	Sp	0	0	Sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sp	0
224	—	0	0	0	(Sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0
75	—	0	0	0	0	0	0	Sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
868	—	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	(Alb)	0	0	0	0	0	0
407	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sp	0	0	0	0	0	0
272	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Sp)	0	0	0	0
928	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sp	0
777	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0
458	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1041	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
276	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
448	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
578	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
588	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
635	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
677	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
762	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
878	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1026	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1147	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Niemals albuminhaltiger Urin

Niernals albuminhaltiger Urin

Bezeichnungen: (Alb) = reichlich Eiweiss; Alb = sehr deutliche Eiweiss-

## III.

von 32 Rekruten während verschiedener Tage zeigend.

7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag		11. Tag		Frühere Infections-Krankheiten		
Um 9 Uhr: Genuss von Bier		Feld- marsch		6 Nm.	7-30 Vm.	12-30 nach dem Bade	12 M. vor dem Bade	5-30 Vm.	Bad			
11 Vm.	7-30 Vm.	2 Nm.	4-45 Nm.						5-25 Nm.			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1879 Morbilli, 1892 Pneumonia ac.	
Sp	Alb	Alb	Alb	Alb	0	0	Alb	Alb	0	Alb	1885 Morbilli	
0	(Sp)	(Sp)	(Sp)	0	(Sp)	(Sp)	0	0	0	Sp	1874 Morbilli, 1885 Pneumonia ac.	
0	0	0	0	0	0	0	0	Sp	0	0	1877 Morbilli, 1882 Meningitis (?)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1885 Scarlatina, 1879 Morbilli	
0	Sp	0	0	0	(Sp)	0	0	0	0	0	1879 Diphtheritis	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1878 Scarlatina	
0	0	0	Alb	0	0	Alb	0	Sp	0	Alb	1877 Scarlatina	
0	Sp	0	0	Alb	0	0	0	0	0	0	1876 Morbilli, 1885 Febr. typhoides	
0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	1891 Pneumonia ac.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	Alb	(Sp)	Alb	0	0	1879 Morbilli, Pneumonia ac., 1881 Diphther.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1878 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	Sp	0	0	0	1876 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1880 Diphtheritis	
(Sp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1877 Diphtheritis	
0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	Alb	1886 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	Sp	0	0	(Sp)	1876 Scarlatina, 1873 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	Alb	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1879 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1877 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1880 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1874 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1875 Morbilli, 1891 Febr. typhoides	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1879 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1881 Morbilli	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

reaktion; Sp = deutliche Spuren von Eiweiss; (Sp) = geringe Spuren von Eiweiss.

Tabelle IV.

Die Menge und das Vorkommen von Eiweiss im Harn von  
21 Landwehrmännern während verschiedener Tage zeigend.

Nummer	1. Tag			2. Tag			3. Tag			4. Tag		5. Tag.	6. Tag			Frühere Infections- Krankheiten	
	5-30	11	6	5-30	11	6	5-30	11	6	5-30	11	4-30 Nm. nach einem Feldmarsche	5-30	11	6		
Niernials albuminhaltiger Urin	6 Alb	0	0	Alb	0	Alb	(Sp)	Alb	(Alb)	0	0	Alb	0	Alb	0	Morbilli 1877	
	55	0	Alb	0	0	Alb	0	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	
	71	Alb	(Alb)	0	0	Alb	Sp	0	(Sp)	(Sp)	0	Alb	0	0	0	Morbilli 1878	
	151	0	0	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli (?)	
	77	0	0	0	0	—	Alb	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli	
	47a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Sp)	0	0	0	Morbilli 1877	
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Sp)	0	0	Morbilli 1878	
	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(Sp)	0	0	Febr. typhoi- des 1885	
	124	0	0	0	Sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Scarlatina 1879	
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli 1888	
	47b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Scarlatina 1877	
																Morbilli 1884	
	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Scarlatina 1883
	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli, Febr. typhoides
	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Scarlatina 1879
	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Scarlatina 1878
	148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Morbilli

Bezeichnungen wie in Tabelle III.

# Untersuchungen über den Lichtsinn.<sup>1</sup>

Von

Karl Petrén, Cand. med.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

(Hierzu Taf. X.)

— — —

In diesen Untersuchungen ist die für eine Gesichtsempfindung erforderliche Zeit der Reizung dargestellt worden. Während dieser Arbeit ist es mir aufgefallen, dass zwei simultane Reizungen von ungleichen, nicht zu grossen Expositionszeiten, die einander übrigens ganz ähnlich sind, wie ungleiche Intensitäten aufgefasst werden; subjectiv trennen sich die erhaltenen Empfindungen vollends gar nicht von denjenigen, die von Reizungen ungleicher Intensität, die aber einander übrigens ganz ähnlich sind, hervorgerufen werden. Diese Erfahrung verwerthend haben wir hier Bestimmungen der Unterschiedsschwelle für Lichtempfindungen ausgeführt, worin diese Unterschiedsschwelle nach dem Wechsel der Expositionszeit gemessen worden ist; ungleiche Empfindungen wurden nicht dadurch hervorgerufen, dass man die Intensität der einen Reizung steigen liess, sondern dadurch, dass man die Expositionszeit der einen Reizung diejenige der anderen so viel übergehen liess, dass man ungleiche Empfindungen bekam. Versuche sind gemacht, um die Expositionszeit festzustellen, in der die Reizung ihre stärksten Empfindungen hervorruft. Ausserdem sind Experimente gemacht zum Feststellen des Einflusses des Gesichtswinkels für die einer Formempfindung nothwendige Expositionszeit.

Wenn ich die Functionsfähigkeit eines Organs bestimmen will, inwieweit dieselbe auf einem gewissen Factor beruht, muss ich die Möglichkeit ausschliessen, dass alle anderen Factoren, die auf die Functionsfähigkeit des Organs Einfluss haben können, nicht einwirken

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 30. October 1892.

mögen, d. h. ich halte sie möglichst constant. Es handelt sich hier um die Fähigkeit der Netzhaut (oder vielmehr der Sehsubstanz und unseres Urtheils), von ungleichen Reizungen ungefärbten Lichtes uns ungleiche Empfindungen geben zu können. Diese Fähigkeit oder der Lichtsinn hängt natürlich theils vom Zustand der Netzhaut (gewiss auch vom Zustande des Urtheils, nämlich vom Grad der Aufmerksamkeit, die wir unseren Empfindungen schenken), theils von den verschiedenen Eigenschaften der Reizung an der Netzhaut ab. Beim Ausführen von Experimenten über den Lichtsinn hat man also hauptsächlich seine Aufmerksamkeit auf der einen Seite auf die Adaption der Netzhaut, auf der anderen auf das Anordnen der Reizung zu lenken. Denn der Zustand der Netzhaut, ihre Functionsfähigkeit, wird durch die Adaption ausgedrückt, wenn ich vom Einwirken ganz besonders schädlicher Potenzen absehe, wie eine ausserordentlich starke vorausgegangene Lichtreizung, fortdauernde angestrenzte Arbeit der Augen, Einflüsse, die auf den ganzen Organismus herabsetzend eingewirkt haben; Umstände, deren Vorkommen man immer verhindern kann und in der That beim Ausführen hierher gehörender Experimente auch verhindert.

### Von der Adaption.

Was zuerst die Adaption anbetrifft, so ist es sehr wichtig, theils dass man sich zum Anfang der Versuchsreihe immer dieselbe Adaption verschafft, theils dass man dieselbe beim Fortgang der Versuche beibehält. Dies ist eine allerdings schwierige aber nicht unerreichbare Sache. Hier will ich von Anfang an hervorheben, dass mir eigentlich zwei Weisen, das Auge zu adaptiren, vom grössten Werthe zu sein scheinen für die Kenntniss, die wir vom Lichtsinne erreichen wollen; nämlich entweder die Netzhaut für ein möglichst absolutes Dunkel zu adaptiren, wodurch man glaubt, das Auge in die seiner Function günstigsten Verhältnisse versetzt zu haben (vergl. hierunter S. 447) oder für die Lichtintensität adaptiren, die am meisten derjenigen entsprechen würde, welche am gewöhnlichen Sehen am meisten zur Anwendung kommt. Von diesen zwei Weisen ist es meines Erachtens möglich, die eine entschieden vorzuziehen, wie es aus dem Folgenden bald hervorgehen wird.

Zuerst muss man darauf acht geben, was zum Hervorbringen einer gewissen Adaption für den Anfang der Versuchsreihe verlangt wird. Wenn ich mit für vollständiges Dunkel adaptirten Augen arbeiten will, muss ich mich eine längere Zeit, ehe die Versuche beginnen, im dunklen Zimmer aufhalten, um das Eintreten der Adaption der

Netzhaut zu erwarten. Durch Experimente glaubt man gefunden zu haben, dass die hierzu erforderliche Zeit eine Stunde oder ein bischen weniger wäre (Aubert,<sup>1</sup> Charpentier<sup>2</sup> 40 Minuten; Nordman<sup>3</sup> ein wenig kürzer).

Theils kann jetzt bemerkt werden, dass ein solches Erwarten sehr beschwerlich und zeitraubend ist, theils kann man vielleicht bezweifeln, ob eine befriedigende Adaption für Dunkel auf diese Weise gewonnen wird. Es giebt etwa dieselben Schwierigkeiten, wenn ich mit artificiellem Licht arbeiten will, z. B. für die Beleuchtung eines mit Lampe erleuchteten Zimmers adaptiren. Ich habe dann durch Experimente diejenige Zeit zu bestimmen, welche das Auge braucht, ehe es sich dieser Beleuchtung adaptirt hat; ich werde von den Fehlerquellen dieser Zeitbestimmung abhängig; die Adaption wird vielleicht jedenfalls mangelhaft; das Eintreten der Adaption zu erwarten wird zeitraubend, wenn auch weniger, als wenn vom Dunkel die Frage ist. Es wird aber etwas anders, wenn ich im gewöhnlichen Tageslicht arbeiten will, d. h. mit der Beleuchtung, der das Auge unter normalen Verhältnissen am meisten ausgesetzt ist. Denn wenn ich nur vermieden habe, das Auge zur Arbeit ungewöhnlich anstrengender Art anzuwenden, sowie dasselbe Reizungen von besonders grosser Stärke auszusetzen, und wenn ich die Bestimmungen an etwa gleich hellen Tagen vornehme, so habe ich, ohne das Eintreten der Adaption der Netzhaut während einer besonderen Zeit erwarten zu brauchen, doch die möglichst besten Bedingungen erreicht, um eine annähernd constante Adaption zum Anfang der Versuchsreihe haben zu können.

Man wird vielleicht verlangen, dass man zum Ausführen der Bestimmungen immer etwa dieselben Zeiten des Tages benutzte, da man nach den Untersuchungen von Aubert<sup>4</sup> und C. F. Müller<sup>5</sup> angenommen hat, dass die Netzhaut im Verlauf des Tages einer immer fortschreitenden Ermüdung anheimgefallen wäre. Aber nach den Untersuchungen von Fick und Gürber<sup>6</sup> sollte freilich unsere Lichtempfindlichkeit in hohem Maass von der allgemeinen Beleuchtung abhängen

<sup>1</sup> *Physiologie der Netzhaut.*

<sup>2</sup> *La lumière et les couleurs.* Paris 1888. p. 164.

<sup>3</sup> G. A. Nordman: *Om den för framkallandet af en formförmimelse nödiga retningstiden och dess beroende af några särskilda variabler.* Akademische Abhandlung. Helsingfors 1887. p. 69.

<sup>4</sup> Physiologische Optik im *Handbuch der ges. Augenheilk.* 1876. Bd. II S. 508.

<sup>5</sup> *Versuche über den Verlauf der Netzhautermüdung.* Inaug.-Dissert. Zürich 1866.

<sup>6</sup> Ueber Erholung der Netzhaut. *Gräfe's Arch.* Bd. XXXVI. II.

und deshalb sogleich nach dem Erwachen abnehmen, aber dieses Abnehmen nicht länger als  $\frac{3}{4}$  Stunde dauern und eine Tagesermüdung in dem Sinne nicht geben, dass die Empfindlichkeit bei etwa constanter Beleuchtung während des ganzen Laufes des Tages herabsinkt. Deshalb scheint es mir berechtigt zu sein, dass man, wie es hier geschah, an ziemlich verschiedenen Zeiten des Tages arbeitet, wenn man nur vermeidet, die Untersuchungen unter allzu grossen Wechselungen der allgemeinen Beleuchtung fortzusetzen. Nach Schirmer<sup>1</sup> sollte auch nicht die letztere Vorsichtsmaassregel nöthig sein, da er fand, dass die Empfindlichkeit fast constant blieb, während die Intensität der Beleuchtung des Zimmers sich von 1000 bis 1 änderte.

Man hat jetzt zu beachten, auf welche Weise man dieselbe Adaption während des Vorschreitens der Versuchsreihe beibehalten kann. Was zuerst die Versuchsanordnungen anbelangt, wie sie zur Anwendung für die Bestimmungen kommen, bei denen das Auge für vollständiges Dunkel adaptirt werden muss, so machen sie, scheint es mir, die nachgestrebte Adaption ziemlich illusorisch. Denn wenn ich während einer Untersuchungsreihe des Lichtsinns in einem möglichst vollständig dunkeln Zimmer die Adaption für Dunkel mit Consequenz beibehalten will, so muss ich jedesmal nur einen kürzeren Zeitmoment den Gegenstand beleuchten, der mir die für die Bestimmung benutzte Reizung liefert, und werde ich deshalb, da das Sehfeld zwischen den Bestimmungen vom Licht frei gehalten werden muss, hierunter jeden Mittels entbehren, meine Fixation und Accommodation zu beherrschen, so dass die Reizung, wenn sie eine kürzere Zeit dem Auge vorgestellt wird, jeden beliebigen Theil der Netzhaut treffen kann, d. h. ziemlich oft indirect und auch oft wegen der mangelnden Accommodation mit diffusem Bilde gesehen wird. Dies ist nämlich die allgemeine Erfahrung derjenigen, die in vollem Dunkel zu arbeiten versucht haben. Vintschgau und Lustig<sup>2</sup> sind allerdings zu einem entgegengesetzten Erfolg gekommen. Sie behaupten, dass sie „den Augen die adaequate Richtung und Accommodation geben könnten“ und dass „der Reagirende nur in den seltensten Fällen angäbe, dass das Nachbild auf einem Seitentheil der Netzhaut entstanden war.“ Da das hier oben referirte Verhältniss die Bestimmungen beim vollen Dunkel schwer ausführbar gemacht hat, so hat man die Anordnungen der Versuche modificirt. Das ist so gemacht worden, dass man eine möglichst schwache Lichtquelle benutzt hat:

<sup>1</sup> Ueber die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für den Lichtsinn. Gräfe's *Arch.* Bd. XXXVI. II.

<sup>2</sup> Zeitmessende Beobachtungen über die Wahrnehmung des sich entwickelnden Nachbildes eines elektrischen Funkens. Pflüger's *Arch. f. Physiol.* Bd. XXXIII.

wie electriche Funken (Donders<sup>1</sup>, Nordman<sup>2</sup>) oder einen phosphoresirenden Stoff (Aubert<sup>3</sup>), welche Lichtquelle man wenigstens während der der Bestimmung nächst vorhergehenden Zeit fixirt und dann den Gegenstand nahe an der Lichtquelle der Fixation exponirt hat. Hier ist zu bemerken, theils dass die Reizung die Netzhaut nicht ganz central trifft, eine Sache, deren eventuelle Bedeutung noch nicht ganz klar gemacht worden ist, theils dass diese Lichtreizung, wenn auch schwach, doch die Adaption für das Dunkel stört, mit anderen Worten, eine geänderte Functionsfähigkeit bewirkt im Vergleich mit derjenigen, die das für volles Dunkel adaptirte Auge besass, eine Aenderung, von deren Grösse wir uns durch kein Mittel Kenntniss verschaffen können. Müller-Lyer<sup>4</sup> hat die Versuche so geordnet, dass er den Theil des Sehfeldes, den er bei den Bestimmungen benutzt hat, d. h. den centralen, in einer Ausdehnung von mehreren Graden constant beleuchtet hat und dann die erforderlichen Intensitätswechsel in diesem Theil des Sehfeldes hervorgebracht hat, während der ganze übrige Theil des Sehfeldes vor jedem Licht geschützt war. Dann hat er nach jedem Versuch einige Minuten, höchstens 8 bis 12, ausgeruht. Diese Anordnung wird doch kaum befriedigend sein; man wird wohl kaum berechtigt sein dieses als „Adaption für Dunkel“ zu rubriciren, wenn ein so bedeutender Theil der Netzhaut mit durchaus nicht immer unbedeutenden Intensitäten und während einer nicht so ganz kurzen Zeit beleuchtet wird. Hieraus wird das schon lange bekannte und anerkannte Verhältniss hervorgehen, dass die Untersuchungen über den Lichtsinn unter Adaption für Dunkel nicht mit voller Consequenz der Anordnungen ausgeführt werden können.

Es bleibt dann übrig, darauf Acht zu geben, ob es möglich wäre, die Bestimmungen auszuführen, wenn das Auge für eine gewisse Intensität adaptirt gehalten wird. Hier hat man, scheint es mir, folgende Forderungen an die Versuchsanordnungen zu stellen:

1. dass, wenn möglich, das ganze Sehfeld mit annäherungsweise derselben Intensität und derselben Farbe erleuchtet wird — wobei es sich nur um schwarze, graue oder weisse Farbe handeln kann, da die Untersuchungen nur den Lichtsinn betreffen — dass die Ungleichheiten, wenn sie nicht vermieden werden können, möglichst klein, die Ueber-

<sup>1</sup> Das binoculare Sehen und die Vorstellung von der dritten Dimension. *Arch. f. Ophth.* Bd. XIII.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 28.

<sup>3</sup> A. a. O. S. 376.

<sup>4</sup> Experimentelle Untersuchungen zur Amblyopie-Frage. *Arch. f. Physiol.* von Emil du Bois-Reymond. 1887.



gänge so wenig scharf als möglich gemacht werden, und dass dieselben möglichst peripherisch ins Sehfeld verlegt werden. Dadurch erhält man eine möglichst homogene Beleuchtung der Netzhaut, so dass wir annäherungsweise berechtigt werden können, von Adaption für eine Intensität zu sprechen. Da wir vom Einfluss, welchen verschiedene Beleuchtungen in einigen Theilen der Netzhaut auf die Adaption der anderen ausübt, keine exacte Kenntniss besitzen, ist uns nur auf diese Weise eine Möglichkeit gegeben, uns eine Vorstellung oder Berechnung vom Einfluss zu machen, welchen die Adaption ausübt;

2. dass man beim Feststellen der Versuchsanordnungen darauf acht giebt, dass dieselben in gewissen Punkten den Verhältnissen entsprechen, unter denen das Auge gewöhnlich functionirt. Denn es ist meines Erachtens klar, dass die Kenntniss des Lichtsinns, unter diesen Bedingungen erworben, von grösserem Werth sein muss als diejenige, die man durch Experimente erhalten hat, die unter nur selten vorkommenden Bedingungen vorgenommen worden sind. Sollten die Anordnungen möglichst vollständig denjenigen entsprechen, unter denen unsere Augen gewöhnlich functioniren, so sollte man selbstredend im Sehfelde eine passende Abwechselung der Beleuchtung desselben haben. Da wir aber auf unsere zuerst aufgestellte Forderung halten wollen, werden wir dazu gezwungen, das Sehen in gewöhnlichen Verhältnissen nur in dem Punkte nachzuahmen, dass wir für die Versuche die Lichtintensität wählen, die mit grösserem Recht als die physiologische gehalten werden kann, dass wir aber übrigens die dem Auge gewöhnlichen Verhältnisse dadurch vereinfachen — welches Wort mir hier mehr treffend als „verändern“ scheint — dass wir im Sehfelde eine annäherungsweise homogene Beleuchtung haben. Hierdurch erreicht man, dass die Factoren vereinfacht werden, welche während der Experimente auf die Functionsfähigkeit des Auges bestimmend einwirken. Aus diesem Anspruch auf die Versuchsanordnungen geht demnach eigentlich nur die Wünschenswürdigkeit hervor, dass man mit dem Tageslicht und nicht mit artificiellem Lichte arbeite;

3. dass ich zum Hervorbringen der Beleuchtung, für die ich adaptire und mit welcher ich die Bestimmungen ausführe, die möglichst constante Lichtquelle, die es giebt, wähle. Auch aus diesem Grunde scheint mir das Tageslicht die Lichtquelle zu sein, die vorzuziehen ist. Jedenfalls haben wir wahrscheinlich keine artificielle Lichtquelle, die mehr constant ist als das Tageslicht, wenn wir darauf acht geben, dieselbe nur bei hellem wolkenfreien Himmel und an etwa denselben Zeiten des Tages zu benützen. — Auch in Bezug auf die unter 1. aufgestellte Forderung bietet das Tageslicht entschiedene Vorthelle dar. Mit einer

artificiellen Lichtquelle, Lampe oder dergleichen, über dem ganzen Sehfeld eine annäherungsweise gleiche Beleuchtung zu erhalten, ist mit besonders grossen Schwierigkeiten verbunden, wenn es überhaupt möglich ist. Denn wenn ich auch die Lichtquelle selbst vom directen Einwirken auf die Netzhaut ausschliesse, welches in hohem Maasse die Adaption für eine Intensität stören würde, so werden immer die Theile des Sehfeldes, die von der Lichtquelle weiter entfernt sind, schwächer beleuchtet als die näheren. Es ist nun klar, dass man bei den Versuchen mit Tageslicht die Augen nicht gegen das wendet, welches in diesem Falle wie die directe Lichtquelle anzusehen ist, nämlich das Fenster, welches das Tageslicht hereinlässt. Denn dadurch würde ich auf den verschiedenen Theilen der Netzhaut eine sehr ungleichförmige Beleuchtung erhalten, weil das Fenster nicht das ganze Sehfeld füllen kann. Die Versuchsperson muss also vom Fenster resp. den Fenstern abgewendet sein und die Beleuchtung des Sehfeldes durch eine lichtreflectirende Fläche zu Stande gebracht werden.

Da diese ungefärbt sein muss hat man nur eine von einer gewissen Lichtintensität — von Schwarz bis Weiss — zu wählen. Unter denjenigen, die in letzterer Zeit Untersuchungen mit fürs Tageslicht adaptirten Augen ausgeführt haben, hat Treitel<sup>1</sup> das Sehfeld mit einer schwarzen Fläche ausgefüllt und Schirmer<sup>2</sup> darnach gestrebt, für weisses Licht zu adaptiren, während Charpentier<sup>3</sup>, der sein Auge für eine durch das Fenster direct beleuchtete Wand adaptirt hat, nicht näher die Lichtstärke derselben bespricht. Es geht aus dem oben Erwähnten deutlich hervor, dass es mir am besten scheint, eine weder zu viel noch zu wenig lichtreflectirende Fläche, d. h. eine mittelgraue, anzuwenden, da ich bloss dadurch alle die mit dem Tageslichte verbundenen Vorthelle gewinne und besonders den Vortheil, dass ich, ohne auf die Adaption zu warten, mein Auge als für die Beleuchtung des Sehfeldes schon adaptirt ansehen kann, und dass ich die möglichst grosse Gewissheit habe, mit einer Netzhaut zu arbeiten, die für die hier angewandte Beleuchtungsintensität wirklich adaptirt ist. Und ferner, wenn ich die Beleuchtung haben will, die am meisten der beim gewöhnlichen Sehen vorkommenden entspricht, so ist es meines Erachtens klar, dass weder von einer ganz weissen noch von einer ganz schwarzen Fläche die Rede sein kann; sondern dass diese Forderung am besten durch eine Fläche von mittelstarker Lichtintensität erfüllt wird.

Was die von den oben erwähnten Verfassern für die Adaption

<sup>1</sup> Ueber den Lichtsinn der Netzhautperipherie. *Arch. f. Ophth.* Bd. XXXV. I.

<sup>2</sup> A. a. O.

<sup>3</sup> A. a. O. S. 140 und 158.

gemachten Anordnungen betrifft, scheint mir nur Treitel genügend dafür gesorgt zu haben, dass auf annäherungsweise dem ganzen Sehfeld eine einigermaßen homogene Beleuchtung hervorgebracht wird. Schirmer dagegen, der mit einer weissen Massons-Scheibe arbeitet, versucht, unter Anerkennung, dass diese weisse Fläche lichtstärker als das Zimmer im allgemeinen sei, durch Lesen und Schreiben die Adaption während der Pausen zu unterhalten. Ausser dem, was wahrscheinlich mit Recht gegen diese Weise, die Adaption des centralen Theils der Netzhaut constant zu halten zu versuchen, eingewendet werden könnte, will ich nur hervorheben, dass er keine Anordnungen getroffen hat, um die Beleuchtung des Sehfeldes ausserhalb der Massons-Scheibe und des Papiers bestimmen zu können. Aus dem, was oben gesagt ist, geht es hervor, dass mir dies als ein Mangel vorkommt. Charpentier dagegen, der sein Auge dadurch adaptirt hat, dass er während einiger Minuten eine gleichmässig beleuchtete Fläche betrachtet hat, versetzt dann schnell das Auge zu der nach der Einpassung gegen den Augenhöhlenrand möglichst lichtfreien Mündung seines Oculars und führt die Bestimmung von der Reizschwelle der Intensität auf die Weise aus, dass er mit einer Schraube ein Diaphragma zu einer gewissen Grösse einstellt. Dadurch vergeht eine gewisse Zeit von dem Zeitmoment, wo die Netzhaut der Adaption bewirkenden Lichtintensität ausgesetzt ist, bis zu dem, wo die Bestimmung ihr endgültiges Resultat giebt. Da wir keine exakte Kenntniss von der Grösse dieser Zeit und auch nicht vom Gang der Adaption haben, so wissen wir nicht, für welche Intensität die Netzhaut in der That adaptirt ist, wenn das Versuchsergebniss festgestellt wird. Denn, um eine für eine gewisse Intensität möglichst constante Adaption während der Versuchsreihe beibehalten zu können, muss man nicht nur das Sehfeld insgesamt zwischen den einzelnen Bestimmungen mit dieser Lichtintensität beleuchten, sondern auch theils während der Bestimmung selbst dieselbe Intensität auf diejenigen Theile der Netzhaut wirken lassen, die für die eigentliche Bestimmung nicht angewendet werden, theils zwischen den Bestimmungen den centralen Theil (oder den zum Experiment benutzten Theil, wenn es sich um Versuche mit indirectem Sehen handelt) der Netzhaut für Reizung derselben Intensität, wie sie der Hintergrund hat, aussetzen und nicht die für die Bestimmungen benutzten Reizungen zu lange exponiren. Dadurch hat nämlich dieser Theil der Netzhaut Zeit genug, um zu jedem neuen Versuche seine vorige Adaption zurück zu bekommen. Diese Vorsichtsmaassregel ist natürlich nur dann nöthig, wenn die Bestimmung selbst mit einer anderen Lichtintensität gemacht wird als diejenige, welche der Hintergrund besitzt, was jedoch vielleicht am meisten der Fall ist.

### Die Versuchsanordnung.

Ich hatte jetzt eine Versuchsanordnung aufzufinden, die den hier oben aufgestellten Ansprüchen auf das Hervorbringen und Beibehalten einer constanten Adaption entspräche. Das Sehfeld sollte mit einem eben beleuchteten grauem Papier, mit Ausnahme von dem centralen Theil der Netzhaut während der Reizungszeit, gefüllt werden. Um Empfindung zu erwecken werden theils helles Weiss, nämlich ein weisser Carton, theils Schwarz verwendet, d. h. eine möglichst lichtfreie Fläche, welche durch ein ziemlich grosses Rohr, das innen mit schwarzem Sammet gekleidet ist und nur in der Mitte der einen Endfläche des Cylinders eine Oeffnung hat, zu Stande gebracht wird. Ich wählte dieses graue Papier, das unfarbig sein musste, um ihm eine Lichtintensität zu geben, die der Mitte zwischen den Lichtintensitäten der benutzten weissen und schwarzen Flächen so nahe als möglich entspräche. Denn es würde gewiss interessant sein zu erforschen, wie sich die erforderlichen Expositionszeiten für ein helles Weiss und eine möglichst lichtfreie Fläche auf einem Hintergrund von grauem Lichte und vor einer für dieselbe Lichtintensität adaptirten Netzhaut exponirt zu einander verhielten, da das Graue sich möglichst nahe der Mitte zwischen dem Weiss und dem Schwarz befand. Recht grosse Sorgfalt wurde auch auf das Anschaffen eines solchen grauen Papiers verwendet. Die Bestimmung von den geprobten Papieren wurde durch eine Massons-Scheibe ausgeführt, wo das graue Papier einen kleineren Kreis bildete, ausserhalb dessen das Weiss und das Schwarze sich mischten,  $180^\circ$  von jedem. Wenn nun das geprobte graue Papier die oben erwähnten Ansprüche erfüllte, sollte die ganze Scheibe mit einer genügenden Rotationsgeschwindigkeit homogen erscheinen; dieselbe Farbe und Intensität an ihren äusseren und inneren Theilen. Ein Papier, das mit dieser ohne Zweifel sehr empfindlichen Probe ein ziemlich gutes Resultat gab, wurde auch herangeschafft; dasselbe wurde dann in sämmtlichen Versuchen zur Bekleidung der Schirme verwendet, die das Sehfeld ausfüllten.

Wir mussten jetzt einen Apparat zu finden versuchen, mit dem man theils genügend kleine und exact bestimmbare, theils leicht veränderliche Expositionszeiten hervorbringen könnte. Ein Apparat, der diesen Forderungen gut entsprach, wurde vom Mechaniker des physiologischen Institutes, Herrn Cand. phil. Sandström, construirt. Dieser bestand aus einem Pendel, dessen Form etwa diejenige eines Kreisquadrants war, der Radius  $100\text{ cm}$ , der Peripherie entlang waren Schienen aus Holz und Blech, zwischen denen die Pappschirme fest-

gesetzt werden konnten. Das Pendel konnte durch einen Stift seitwärts aufgezogen gehalten werden und von einer hinter denselben gestellten Person mittelst eines Hebels, der eine Feder hinunterdrückte, ohne irgend eine erwähnenswerthe Erschütterung des Pendels losgelassen werden. Wenn es so fiel, ging es auf der anderen Seite hinauf und wurde dort aufgefangen. Die oben erwähnten Pappschirme wurden jetzt von derselben Form, aber von grösserer Höhe wie die Schienen des Pendels gemacht. Sie wurden vorn mit dem oben erwähnten grauen Papier bekleidet. Dadurch dass ich zwei solche Schirme benutzte und zwischen denselben eine Spalte offen liess, erhielt ich ein wenig über dem niederen Rande des Pendels ein Feld, in dem ich die zu beobachtenden Gegenstände exponiren konnte. Eine volle Begrenzung des benutzten Sehfeldes bekam ich dadurch, dass ich unmittelbar vor das Pendel in gleicher Höhe mit der genannten Spalte einen kleineren Schirm setzte, der an der Vorderseite mit dem grauen Papier gekleidet war und ein kreisrundes Loch in der Mitte hatte. Die benutzten Gegenstände wurden nun bloss während der Zeit exponirt, wenn die Spalte zwischen den Pappschirmen das Loch im kleinen obenerwähnten Schirme passirte. Wenn Weiss angewendet werden sollte, wurde der weisse Carton zwischen die Pendelschienen hinter den grauen Schirmen placirt. Wenn Schwarz angewendet werden sollte, wurde der Cylinder hinter die Pendelschienen so gestellt, dass die Oeffnung desselben — die schwarze Fläche — die Spalte zwischen den grauen Schirmen füllte. Die Expositionszeit wurde nun dadurch variirt, dass die grauen Schirme verschoben wurden und mithin die Breite der Spalte geändert wurde. Um simultane, gleich intensive Reizungen von verschiedener Expositionszeit, die leicht variirt werden konnten, zu Stande zu bringen, war es genug, der Spalte die Form eines Haken auf die Weise zu geben, dass man hinter den einen grauen Schirm einen ähnlichen Schirm hineinschob, der so viel niedriger war, dass sein oberer Rand den für die Bestimmungen benutzten Theil des Sehfeldes, d. h. das Loch im kleinen Schirme vor dem Pendel, genau in zwei gleiche Theile theilte. Bei dieser Anordnung erhielt man die beiden Reizungen unmittelbar neben einander, ohne irgend eine Grenze dazwischen und mit der Ausnahme der Expositionszeiten einander vollständig gleich. Auf diese Weise konnte man auch die Breite der Spalte in den zwei Hälften des Sehfeldes, unabhängig von einander, abwechseln.

Um die benutzten Expositionszeiten kennen zu lernen, braucht man nur die Breite der Spalte, resp. der Spalten zu messen und die Geschwindigkeit des Pendels zu bestimmen. Dieses wurde auf empirischem Wege auf die Weise gemacht, dass ich zwei Stifte, an der Schiene des

Pendels festgemacht und den Theil derselben umfassend, für den ich die Geschwindigkeit bestimmen wollte, während des Falles des Pendels auf einen rotirenden Balzans-Cylinder schreiben liess. Die Geschwindigkeit des letzteren wurde mit gewöhnlichem Zeitmesser bestimmt. Die von einer grossen Menge Bestimmungen erhaltenen Werthe wechseln zwischen 20 und 22<sup>mm</sup> für 0.01". Diese Zahlen sind für denjenigen Punkt vom Radius des Pendels, der der Mitte des benutzten Theiles des Sehfeldes entspricht, berechnet worden. Sie gelten alle dem mittleren Theil des Pendels, da nur dieser zur Spalte angewendet worden ist. Etwas verschiedene Zahlen werden durch eine verschiedenartige Anordnung der Schirme (grosse oder kleine Spalte, Dasein oder Abwesenheit des weissen Cartonschirms), aber ebenso grosse Wechsel werden durch die unvermeidlichen<sup>1</sup> Versetzungen des Tisches, auf dem das Pendel ruht, hervorgerufen, was ohne Zweifel auf den Abweichungen der Unterlage von einer streng horizontalen Fläche beruht. Deshalb sind die Berechnungen von den Expositionszeiten immer nach einer angenommenen Geschwindigkeit von 21<sup>mm</sup> als Durchschnittszahl gemacht worden. Damit nun die eben erwähnte Fehlerquelle sich in den Vergleichen der Resultate derselben Versuchsreihe nicht geltend machen möchte, wird in jeder solchen für die Bestimmungen bloss die Oscillation des Pendels nach der einen Richtung angewendet. Da es sich als wünschenswerth darstellte, verhältnissmässig grosse Expositionszeiten bisweilen anwenden zu können, wurde dem Pendel eine geringere Geschwindigkeit auf die Weise gegeben, dass ein Gewicht am oberen Ende eines Stäbchens, das dem Pendel aufgeschroben wurde und eine Verlängerung dessen Axe aufwärts oberhalb des Aufhängungspunktes bildete, festgemacht wurde. Dadurch wurde die Geschwindigkeit von 6 bis 9<sup>mm</sup> auf 0.01" vermindert, wurde aber dabei auch weit mehr veränderlich, weshalb die Berechnungen der Expositionszeiten nach einer für jede Versuchsreihe ausgeführten Bestimmung der Geschwindigkeit gemacht wurden.

Die Versuche wurden jetzt so angeordnet, dass die Versuchsperson, ins Zimmer hineinsehend, in einer Ecke des Zimmers sass. Unmittelbar vor ihr stand ein ziemlich grosser Schirm, der an der gegen sie gewandten Seite mit dem erwähnten grauen Papier bekleidet war. Dieser Schirm wurde gleichförmig erleuchtet; er bekam nämlich sein Licht von einem Fenster jeder Wand, so dass die Versuchsperson ihn nicht beschattete. In der Mitte des Schirmes war ein Loch, und der Schirm stand so, dass sich dieses Loch gerade in gleicher Höhe mit dem Auge der Versuchsperson fand. Jenseits dieses Schirmes, weiter unten im

<sup>1</sup> Vergl. S. 432.

Zimmer, stand nun das Pendel, so dass die Schiene desselben mit dem oben erwähnten Schirme parallel war. Der kleine Schirm, der sich am nächsten vor dem Pendel fand, wurde so gestellt, dass sein Loch in gleicher Höhe mit dem Loch des vorderen grossen Schirmes und gerade hinter demselben und, wie schon gesagt, auch in gleicher Höhe mit der Spalte zwischen den Schirmen war. Der Schwinkel der in der Spalte exponirten Gegenstände wurde zu 50° bestimmt, und da das Sehfeld, d. h. das Loch des kleinen Schirmes, einen Durchmesser von 19.5 mm hatte, wurde die Entfernung des Auges von dem Pendel 134 cm. Der grosse vordere Schirm wurde jetzt so weit von der Versuchsperson gestellt, dass sie mit dem für die Bestimmungen benutzten Auge nichts ausserhalb des Umkreises des kleinen Blechschirmes am Pendel sah. Man musste jetzt eine vollständig gleichförmige Beleuchtung sowohl am grossen und am kleinen Schirme, als an den Pendelschirmen zu Stande bringen. Da nun der Abstand von der Versuchsperson bis zum grossen Schirm sowohl als zum Pendel bestimmt war, konnte der Abstand zwischen jenem Schirme und dem kleinen am Pendel nicht verändert werden; eine gleiche Beleuchtung derselben wurde dadurch bewirkt, dass man sie beide, denselben Abstand zwischen ihnen beibehaltend, nach oder von der Ecke des Zimmers verschob. Es versteht sich ja von selbst, dass, wenn sie zu weit ins Zimmer hineingeschoben würden, der grosse vordere Schirm den kleinen Schirm so beschatten sollte, dass dieser weniger beleuchtet werden müsste. Wenn man umgekehrt mit den Schirmen allzuweit gegen die Ecke des Zimmers käme, so würde das Licht unvollständig an den vorderen Schirm fallen, so dass dieser der dunkelste sein würde. Dadurch aber, dass man die beiden Schirme nach und von der Ecke des Zimmers verschob, konnte man den Platz finden, wo sie dieselbe Lichtintensität hatten. Die Entscheidung hierüber geschah natürlich auf die Weise, dass man, wie an den Versuchen selbst, durch das Loch des vorderen Schirms sah; und diese Entscheidung wurde mit ziemlich grosser Genauigkeit gemacht. Wenn nämlich das Loch des vorderen Schirmes mit hinlänglich scharfem Rande geschnitten war, und die Beleuchtung der beiden Schirme hinlänglich die gleiche war, so sah man kaum etwas von diesem Rande, sondern die beiden Schirme kamen wie eine ununterbrochene homogen beleuchtete Fläche vor. Dieses Einstellen der Schirme zum gehörigen Abstand von der Ecke des Zimmers wurde am Anfang jeder Versuchsreihe immer und bisweilen mitten in derselben von Neuem ausgeführt, wenn sich die Beleuchtung zu Gunsten eines derselben merkbar verändert hatte, was zuweilen der Fall war. Dann und wann erhielt man verschiedene Farbentöne an den Schirmen,

wahrscheinlich aus dem Grunde, dass sich eine rothe Ziegelsteinmauer vor dem einen Fenster befand, die, von der Sonne beleuchtet, allzu viel gefärbtes Licht hineinwarf. Durch eine veränderte Stellung der Schirme konnte dieser Ungleichheit bisweilen vorgebeugt werden, bisweilen aber nicht. Die Vergleichung über die Lichtintensität der Schirme wurde im letzten Falle unsicher gemacht. Es wurde doch gewöhnlich vermieden, unter solchen Verhältnissen Experimente zu machen. Wenn das Pendel nach der einen Seite aufgezogen war, wurde das Sehfeld — das für die Bestimmungen benutzte, das vom Loch des kleinen Schirmes am Pendel begrenzt wurde — von einem der langen grauen Schirme des Pendels ausgefüllt. Die Schwierigkeit war jetzt dahin zu erlangen, dass dieser Schirm, d. h. der Theil desselben, der der Oeffnung im voranstehenden Schirme entsprach und der nur sichtbar wurde, mit derselben Intensität wie der voranstehende beleuchtet wurde.

Es ist auch recht gut auf die Weise gelungen, dass der kleine Schirm aus Blech verfertigt und möglichst dicht an den Schirmen des Pendels fixirt wurde. Etwas Abstand zwischen ihnen musste doch vorhanden sein, aber ein allzu deutlicher Schlagschatten vom Rande des Loches des kleinen Schirmes auf der einen oder der anderen Seite wurde ja dadurch vermieden, dass die Beleuchtung von beiden Seiten hereinflie. Auf die Weise wurde das ganze Sehfeld — mit der Ausnahme seiner sehr peripheren Theile, die der vordere grosse Schirm trotz dem geringen Abstand vom Auge nicht füllen konnte — von einer Fläche mit einem ziemlich gleichförmigen ungefärbten Licht ausgefüllt, dessen Intensität etwa der Hälfte der Intensität von hellem Weiss entsprach. Das war der Fall, so lange das Pendel aufgezogen war, d. h. während der ganzen Versuchsreihe, ausser an den Zeiten, wo die Bestimmungen selbst ausgeführt wurden, d. h. wenn das Pendel fiel. Aber auch während dieser Zeit war das benutzte Sehfeld von einem grauen Lichte derselben Intensität wie das übrige Sehfeld gefüllt, mit der Ausnahme der Zeitmomente, wo die Spalte zwischen den grauen Schirmen an dem Loch des kleinen Blechschirmes vorüberging. Da wurde dieser Theil des Sehfeldes entweder von Weiss oder Schwarz aufgenommen, je nachdem der weisse Cartonschirm oder das schwarze Loch des Cylinders zur Anwendung gebracht wurde.

### Die Versuchsergebnisse.

Die Versuche wurden nun so ausgeführt, dass die erforderliche Breite der Spalte, um eine Empfindung von Weiss, resp. Schwarz zu erhalten, festgestellt wurde. Die Reizschwelle der Expositionszeit



dieser Reizungen wurde auf diese Weise bestimmt. Dann ging ich zur Bestimmung der entsprechenden Unterschiedsschwelle über. Nun wurde die hakenförmige Spalte verwendet. Die für Empfindung erforderliche Breite der Spalte wurde im unteren engeren Theil derselben behalten, und der obere Theil wurde erweitert, bis dieser Theil des Sehfeldes heller erschien. Nachdem dieses bestimmt war, gab ich dem unteren Theil der Spalte diese Breite, und die für ungleiche Empfindungen erforderliche Breite des oberen Theiles wurde auf dieselbe Weise festgestellt. Auf solche Weise fuhr ich mit immer vergrößerter Breite der Spalte, immer vermehrter Expositionszeit fort. In allen Versuchen — diesen wie den folgenden — wurde zuerst die Breite, wo die Empfindung oder die ungleichen Empfindungen auftraten, bestimmt und dann diejenige, bei der sie verschwanden. Beide wurden zu den Versuchsprotocollen genommen. In den Berechnungen wurde immer das arithmetische Medium der beiden Werthe verwendet. Wenn an den Versuchen der breitere Theil der Spalte eine derjenigen des anderen Theiles ungleiche Empfindung gab, hatte man, wie gesagt, eine Empfindung von Unterschied, die sich subjectiv in keiner Hinsicht von derjenigen von zwei Lichtquellen ungleicher Intensität trennte. Aus den erhaltenen Zahlen wurde jetzt die Unterschiedsschwelle berechnet; sie wurde zwischen der geringeren Expositionszeit und der für dieselbe erforderlichen Zunahme gerechnet. Ausser diesen zwei Grössen — der Reizschwelle und der Unterschiedsschwelle der Zeitextension der Reizung nach einer Reihe ungleicher Expositionszeiten — konnte man a priori erwarten, dass man durch diese Versuche entscheiden möchte, welche Zeitextension die für die Empfindung günstigste wäre und die stärkste Empfindung hervorriefe; und auch dass man Kenntniss davon erhalten würde, welcher Einfluss dadurch ausgeübt werden sollte, dass man die Expositionszeit länger sein liess als diejenige, mit der der Maximaleffect auf das Bewusstsein erlangt wurde. Wir wollen jetzt darauf Acht geben, inwiefern die beabsichtigten Resultate erreicht worden sind.

### I. Die für eine Sehempfindung möglichst kürzeste Expositionszeit.

Bestimmungen sind mit den Versuchspersonen V., S. und P. ausgeführt worden, welche alle normale Sehschärfe haben. Mit V. und P. sind zuerst grössere Zahlen erhalten worden, aber nach der Uebung bekamen wir eine Zeit von 0.0025" bis 0.0027" sowohl für Weiss als Schwarz. Mit der dritten Versuchsperson S. sind dagegen 0.00146—0.00123" für Weiss und 0.00079—0.00075" für Schwarz

erhalten worden; also für Weiss etwa die Hälfte und für Schwarz kaum  $\frac{1}{3}$  des oben genannten Werthes. Dieser Unterschied in den Versuchsergebnissen mit verschiedenen Personen scheint mir als theilweise auf ganz individueller Fähigkeit beruhend betrachtet werden zu dürfen, besonders weil S. mit etwa gleicher Uebung in beinahe sämtlichen Versuchen kürzere Zeiten als jemand anders erreicht hat. Beachtenswerth ist, dass, während für V. und P. gleiche Werthe für Weiss und Schwarz erhalten worden sind, für S. ein Unterschied zwischen diesen Werthen sich findet. Hier wird man vielleicht an die Erklärung denken, dass die Bestimmungen mit Schwarz zuletzt und mithin mit einem mehr geübten Auge ausgeführt worden sind. Als Erklärung dieses Unterschiedes darf man aber nicht, scheint es mir, ausschliesslich an einen Wahrnehmungsfehler denken, sondern auch an eine Fehlerquelle, die mit der Versuchsanordnung selbst unvermeidlich verbunden ist, und welche einen solchen Unterschied der Resultate veranlassen kann, resp. in gewissen Fällen bewirken muss. Der weisse Carton erhält nämlich seine Beleuchtung bloss von vorn durch die Spalte zwischen den Pendelschirmen. Deshalb wurde grosse Sorgfalt darauf verwendet, dass die grauen Schirme so dicht wie möglich an dem weissen Carton liegen sollten, damit sie denselben nicht beschatten möchten. Der Einfluss dieses Schattens wurde auch durch die doppelte, schräge Beleuchtung des Sehfeldes aus den beiden Fenstern vermindert. Etwas Schatten haben doch die Schirme schon vermöge ihrer Dicke geworfen, die anderseits doch nothwendig war, um ihnen hinlängliche Festigkeit zu geben. Wenn man auch bei der Anwendung einer Spalte von etwas grösserer Breite in seinem vollen Recht ist, von diesem Schatten abzusehen, so muss er doch wahrscheinlich in merkbarem Grade auf die Lichtintensität des Cartons vermindern einwirken, wenn man mit einer so geringen Breite der Spalte arbeiten soll, als es hier — an der erhaltenen Reizschwelle für Weiss etwa 2.5 mm, für Schwarz etwa 1.5 mm — der Fall ist. Die Folge dieser Unvollständigkeit der Anordnung wird nun, dass der weisse Gegenstand einen geringeren Unterschied der Intensität dem Hintergrunde gegenüber aufweisen wird als der schwarze, auf welchen diese Fehlerquelle sich nicht geltend macht. Hieraus wird nun die natürliche Folge, dass der weisse Gegenstand eine längere Expositionszeit erfordert. Es lässt sich ja denken, dass diese Fehlerquelle keine bedeutendere Rolle an derjenigen Breite der Spalte, etwa 5.25 mm, spielte, welche der Reizschwelle für P. und V. entsprach, die für Weiss und Schwarz gleich ist.

In diesem Zusammenhange wird es vielleicht von Interesse sein, einige andere Versuche mit etwas geänderter Anordnung und aus-

schliesslich um die Reizschwelle zu bestimmen ausgeführt, zu erwähnen. Die ganze Versuchsanordnung mit Schirmen vor dem Pendel, der Platz und Abstand derselben und der Versuchsperson zu einander waren ganz unverändert; nur das grosse Pendel wurde durch einen kleinen Metallrahmen am oberen Ende einer ziemlich starken Stahlfeder ersetzt. Vor dem Experimente wurde diese nach der einen Seite geführt und dort fixirt. Beim Ausführen der Bestimmungen wurde sie losgelassen und schleuderte dann den Rahmen mit ziemlich grosser Geschwindigkeit nach der anderen Seite der Gleichgewichtslage über. Die Bestimmung von der Geschwindigkeit des Rahmens wurde ausgeführt, wenn er die Gleichgewichtslage passirte und geschah nach derselben Methode wie beim Pendel. Die Geschwindigkeit stellte sich nach mehreren Bestimmungen als  $18.6^{\text{mm}}$  auf  $0.01''$  heraus. Vor dem Rahmen konnte von jeder Seite ein in einem Falze befestigter minderer Rahmen eingeschoben werden. Ueber diese Rahmen wurden Stücke von dem zu den Schirmen benutzten grauen Papier ausgespannt. Wenn die kleineren Rahmen ganz eingeschoben waren, gingen diese grauen Papiere an der Mitte des grossen Rahmens vollständig zusammen. Diese Stelle war bei der Gleichgewichtslage der Feder gerade hinter dem Loch des kleinen Blechschirmes placirt. Durch das Auseinanderschieben dieser Rahmen, die das graue Papier trugen, wurde eine Spalte gemacht, in der ich die zu den Bestimmungen benutzten Gegenstände exponirte: theils Weiss dadurch, dass ich an den grösseren Rahmen eine Scheibe von weissem Carton befestigte, theils Schwarz dadurch, dass ich den oben erwähnten Cylinder hinten an setzte. Die Breite der Spalte wurde auf einer Winkelgradirung am grossen Rahmen, der bogenförmig war, angezeigt. Dieser Apparat sollte vor dem Pendel den Vorzug grösserer Exactheit beim Darstellen der beabsichtigten Expositionszeit haben, da für die benutzte Spalte ein ebenerer Rand mit dem dünnen Papier als mit der dicken Pappe erhalten werden konnte. Ferner erreichte man auch grössere Exactheit beim Bestimmen der Breite der Spalte, die ja hier an einer gradirten Scala angezeigt wurde. Man dürfte auch eine Verminderung der oben angegebenen Fehlerquelle — des Schattens am weissen Carton — erhalten, da das auf den Rahmen straff gespannte graue Papier dem Carton dicht anschliessend gehalten wurde und da die Ränder der Spalte hier von weit dünnerem Stoff waren. Den Resultaten nach zu urtheilen, scheint es indessen nicht gelungen zu sein, diese Fehlerquelle vollständig zu eliminiren. Nach gehöriger Uebung sind für S. die Zeiten  $0.00148''$  bis  $0.00132''$  mit Weiss und  $0.00111''$  bis  $0.00095''$  mit Schwarz erhalten worden (sämmliche Zahlen Durchschnittswerthe aus vielen Bestimmungen). Hier muss bemerkt werden,

dass diese Versuche vor denjenigen gemacht worden sind, bei welchen die Bestimmung der Reizschwelle für Schwarz mit dem grossen Pendel ausgeführt worden ist. Für P. ist 0.00155" mit Weiss, 0.00111" bis 0.001" mit Schwarz erhalten worden. Hieraus geht also hervor theils die grosse Bedeutung der Uebung für die erhaltenen Resultate, theils dass derselbe Unterschied zwischen den Zeiten für Weiss und Schwarz hervortritt, sobald die Expositionszeiten kurz genug sind. Wenn man wirklich diesen ganzen Unterschied auf die erwähnte Fehlerquelle der Versuchsanordnung beziehen will, wozu man mir nicht unbedingt genöthigt zu sein scheint, so würde man als Endergebniss dieser Bestimmungen sagen können, dass ein Auge, das unter den während der Arbeit in vollem Tageslicht gewöhnlichen Verhältnissen sich findet, eine Expositionszeit von  $\frac{1}{1000}$  Secunde verlangt, um eine Empfindung aus Reizungen von der hier angewendeten Intensität zu bekommen. Hier kann es erwähnt werden, dass Exner<sup>1</sup> mit einer Expositionszeit von 0.0001" deutliche Gesichtsempfindung erhalten hat; dies geschah aber mit für Dunkel adaptirtem Auge und mit artificieller Beleuchtung des Gegenstandes.

## II. Die Grösse und die Wechselungen der Unterschiedsschwelle nach einer Variation von der Zeitextension der Reizung gemessen.

Soviel es mir bekannt ist, sind hierüber keine Untersuchungen veröffentlicht worden. Was einem bei dem Ausführen dieser Bestimmungen zuerst auffällt, ist die grosse Schwierigkeit, zuverlässige Zahlen zu erhalten. Selbst wenn das Urtheil einer ungleichen Empfindung bestimmt ausgesprochen wurde, so erhielt man mit nach einander folgenden Versuchen nicht constante Resultate. Eine Schwierigkeit steckte natürlich darin, dass die längere Expositionszeit, die stärkere Empfindung von Licht oder Dunkel sich immer auf die obere Hälfte des Sehfeldes bezog, wodurch man die Controle auf richtige Beobachtung verlor, die darin besteht, dass die Versuchsperson zu entscheiden im Stande ist, wo sie ihre Empfindung erhalten hat. Mit grösserer Uebung wurden doch allmählich mehr gleichförmige Resultate erhalten. Um die gewonnenen Resultate auf eine deutliche Weise zu veranschaulichen, sind beigelegte Curven (Taf. X) aufgezeichnet worden, wo die Abscisse die Expositionszeit und die Ordinate den invertirten Werth der

<sup>1</sup> Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. *Wien. Sitz.-Ber.* Bd. LVIII. II. 1868. S. 622.

Unterschiedsschwelle ausdrückt. Eine Sache ist, scheint es mir, mit einer Gewissheit, die keinem Zweifel unterliegt, festgestellt worden, nämlich dass die Unterschiedsschwelle an den kleinsten Expositionszeiten als eine ziemlich grosse Zahl anfängt und mit einer Vergrösserung derselben beträchtlich vermindert wird. In dieser Hinsicht also mit denjenigen vollständig analoge Variationen, welche die Unterschiedsschwelle für die geänderte Lichtintensität darbietet, wenigstens wenn man die Veränderung der Beleuchtung sich nicht zu der Intensität erstrecken lässt, für die man adaptirt (Schirmer<sup>1</sup>). Was die äussersten Grenzen dieser Variationen betrifft, so zeigen sie sich entschieden enger als die Bestimmungen für die Lichtintensität. Der grösste gefundene Werth ist  $\frac{1}{1 \cdot 20}$ , während man finden kann, dass die Unterschiedsschwelle, in Bezug auf Lichtintensitätswechselungen gemessen, bei sehr schwacher Lichtstärke zu beträchtlich grösserem Werthe (bei Charpentier<sup>2</sup> die Zahl 9) aufgehen kann. Der kleinste aus den zuverlässigen Versuchsergebnissen gefundene Werth ist  $\frac{1}{13}$  (oder genauer  $\frac{1}{12 \cdot 08}$ ). Folglich auch hier eine entschieden engere Grenze, da die Angaben von der grössten Empfindlichkeit der Intensitätswechselungen sind: bei Helmholtz  $\frac{1}{167}$ , Müller-Lyer<sup>3</sup>  $\frac{1}{170}$ , Aubert  $\frac{1}{186}$ , Schirmer<sup>4</sup>  $\frac{1}{227}$ , Bull<sup>5</sup> behauptet, die Zahl  $\frac{1}{240}$  gefunden zu haben; das wird wohl auf einer Fehlrechnung beruhen, denn nach den von ihm über die Versuche gegebenen Mittheilungen sollte die Zahl etwa  $\frac{1}{210}$  sein.

Wenn man die beigegeführten Curven betrachtet, so merkt man, dass ein Unterschied in grossen Zügen ganz bestimmt gemacht werden kann zwischen einem ersten steigenden Theil der Curve, der also die zunehmende Empfindlichkeit für eine variirte Zeitextension der Reizung bezeichnet; und zwischen einem anderen fast horizontalen Theil der Curve, der eine bei der Zunahme dieser Eigenschaft der Reizung constant bleibende Empfindlichkeit für eine Variation derselben Eigenschaft bezeichnet. Aus diesen Curven scheint es mir auch mit Gewissheit hervorzugehen, dass sich diese Unterschiedsschwellen für die Empfindungen von Weiss und Schwarz wesentlich auf dieselbe Weise verhalten, so dass bedeutendere Verschiedenheiten zwischen ihnen nicht zu sehen sind. Es kommt mir berechtigt vor, dieses Resultat als einen Beweis dafür anzusehen, dass das zur Bestimmung der Adaption benutzte graue

<sup>1</sup> A. a. O.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 311.

<sup>3</sup> Psycho-physische Untersuchungen. *Arch. f. Anatomie und Physiologie*. Physiolog. Abth. 1889.

<sup>4</sup> A. a. O.

<sup>5</sup> Studien über Lichtsinn und Farbensinn. Gräfe's *Arch.* Bd. XXVII. I. S. 67.

Papier in Bezug auf seine Lichtintensität ziemlich in der Mitte zwischen der benutzten lichtstarken Fläche und einer möglichst lichtfreien Fläche steht. Diese Curven geben auch die möglichst beste Uebersicht über den Grad von Genauigkeit, der mir in den Bestimmungen zu erreichen gelungen ist. Es ist ja auffallend, dass, wenn die Fehlerquelle nicht da wäre, die Curve eben, steigend, fallend oder horizontal laufen müsste. Jeder Zahn an der Curve wird deshalb als die Wirkung einer Fehlerquelle betrachtet werden können. In dieser Hinsicht interessant ist eine Vergleichung zwischen den Curven des S. mit Weiss und Schwarz. Jene zeigt einen grossen Reichthum von Zähnen, wovon man in dieser Curve verhältnissmässig wenig sieht. Die Bestimmungen, welche der Curve mit Schwarz zu Grunde liegen, sind später und mithin mit einem mehr geübten Auge als die Versuche mit Weiss vollzogen worden. Dieses scheint mir einen deutlichen Wink davon zu geben, wo man vor allem die Fehlerquelle der Bestimmungsmethode zu suchen hat; nämlich nicht in den äusseren Versuchsanordnungen, nicht in einer grösseren Ungenauigkeit beim Aufmessen der benutzten Expositionszeiten, nicht in mangelnder Adaption der Netzhaut und auch nicht in der Ermüdung des centralen Theiles der Netzhaut; sondern vielmehr in einer Variation im Grade der Aufmerksamkeit, die man im Laufe der Versuchsreihe zur Beurtheilung und Vergleichung der erhaltenen Empfindungen gewidmet hat. Unter dieser Annahme scheint mir die grosse Verminderung der Grösse der Fehlerquelle, sonst schwer erklärlich, ihre Erklärung darin finden zu können, dass der Grad der Aufmerksamkeit, die man während einer langen Versuchsreihe hat beibehalten können, durch Uebung erhöht worden ist. Und das wird eine aus vielen anderen Gebieten bestätigte Thatsache sein, dass unsere Fähigkeit, die Aufmerksamkeit constant auf gewisse Empfindungen gerichtet zu haben, durch Uebung in hohem Grade vergrössert wird.

### III. Die für Maximaleffect erforderliche Zeit.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Ausstreckung der Reizung über eine gewisse Expositionszeit hinaus die Empfindung des Bewusstseins nicht stärker hervortreten lässt. Exner<sup>1</sup> und Kunkel<sup>2</sup> meinen dieses durch Experimente nachgewiesen zu haben. Nach jenen soll eine noch grössere Expositionszeit, als die für die stärkste Empfindung

<sup>1</sup> a. a. O.

<sup>2</sup> Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Zeit. Pflüger's *Arch. f. Physiol.* Bd. IX. 1874.

hinlängliche, eine Empfindung von verminderter Intensität zur Folge haben. Angenommen, dass auch dieses richtig wäre, wie würden sich diese zwei Erscheinungen auf einer Curve über die Empfindlichkeit einer Variation der Expositionszeit wie die hier dargestellte zu erkennen geben? Die Stelle dieser Curve, die der Expositionszeit entspräche, mit der der Maximaleffect erreicht wird, würde natürlich auf die Axe der Abscisse fallen, da das Auge bei einer weiter vergrösserten Expositionszeit nicht empfindlich ist; also die Ordinate = 0. Das wäre doch in einigem Maasse ungenau, denn eine solche Empfindlichkeit wäre thatsächlich auch hier zu finden, im Falle dass eine weitere Vergrösserung der Expositionszeit eine schwächere Empfindung gäbe. Es giebt da freilich Empfindlichkeit, aber negativ. Die Curve wird eine negative Ordinate zeigen. Sie muss also dann die Axe der Abscisse an einer Stelle schneiden, die eben die dem Maximaleffect erforderliche Expositionszeit bezeichnet. Wenn auch früher nur ein steigender und ein etwa horizontaler Theil der Curve als constatirt erwähnt worden sind, wird man demnach genöthigt, eine fallende Strecke auf dem positiven Theil der Curve anzunehmen.

In Bezug auf das Verhältniss der Empfindlichkeit zu einer Variation in der Intensität der Reizung bei ungleichen absoluten Intensitäten ist es bekannt, dass diese entsprechende Curve der Empfindlichkeit einen aufsteigenden, einen annäherungsweise horizontalen und einen fallenden Theil hat. Dieses ist experimentell festgestellt worden; ferner ist man aber völlig berechtigt, oder vielleicht vielmehr ganz gezwungen, anzunehmen, dass sich eine Intensität finde, bei der die Curve die Axe der Abscisse erreicht; wo also eine weitere Vergrösserung der Intensität die Stärke der Empfindung nicht erhöht. Möglich ist auch, dass es einen negativen Theil der Curve giebt. Nun ist es jedenfalls klar, dass nicht der ganze fallende positive Theil der Curve, und noch weniger der negative, durch Experimente bestimmt werden können, da diese Intensitäten blendend und zerstörend auf die lichtpercipirenden Elemente des Auges einwirken. Da aber die Curven der variirten Intensität und der Expositionszeit sich in den bekannten Theilen im Grossen ziemlich gleich verhalten, und da ein ähnliches Hinderniss für die Bestimmung von den sinkenden Theilen der letzteren Curve nicht vorhanden ist, wäre es ja von doppeltem Interesse, diese Theile derselben genau feststellen zu können. Wenn man sich an die erreichten Versuchsergebnisse wendet, ist die Ausbeute indessen sehr gering.

An der Curve des S. für Schwarz findet man eine Neigung zum Herabsinken in den letzten Theilen derselben, an den anderen Curven dagegen sieht man keine solche Neigung. Die Ursache, dass kein

Resultat der Experimente in dieser Hinsicht erreicht wurde, ist, dass das Urtheil von der gegenseitigen Stärke der beiden Empfindungen bei der Anwendung der hier angewandten, verhältnissmässig grossen, Expositionszeiten sehr schwierig und in hohem Grade unsicher ist. Das wird in nicht geringem Grade davon bewirkt, dass mit dieser Grösse der in diesen Fällen hakenförmigen Spalte diese eine deutliche Formempfindung liefert. Man bekommt eine bestimmte Auffassung von einer Hakenfigur, die das Loch des Schirmes passirt, und somit ist es in hohem Grade erschwert und in gewissen Fällen unmöglich gemacht worden, einen ungleich intensiven Lichteindruck von den verschiedenen Theilen des Sehfeldes zu erhalten. Wenn man sich an die zuverlässigsten Versuchsreihen wendet, d. h. diejenigen, die mit den meist geübten Augen unternommen worden sind, nämlich für V. mit Weiss und für S. mit Schwarz, so wird man finden, dass die grössten Expositionszeiten, welche eine stärkere Empfindung als kleinere Expositionszeiten gegeben haben, für V.  $0.2859''$  und für S.  $0.291''$  sind. So viel ich nun auch, diese Expositionszeiten in der einen Hälfte des Sehfeldes beibehaltend, dieselben in der anderen vergrösserte — sogar mit  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{3}$  der ganzen Expositionszeit — wurden nicht mehr Empfindungen, wie aus verschiedener Intensität erhalten. Wenn ich dazu berechtigt wäre, mich auf diese Versuchsergebnisse zu verlassen, so würden ja diese Zeiten die für Maximaleffect erforderlichen sein und an den Curven der Axe der Abscisse entsprechen. Da aber die nächstmindere Expositionszeit eine Unterschiedsschwelle von  $\frac{1}{11.34}$  für V. und  $\frac{1}{9.06}$  für S. gezeigt hat, also eine Empfindlichkeit, die nur unbedeutend oder gar nicht weniger als die grösste gefundene ist, so würde die Curve einen Sprung etwa von ihrem Maximum bis zum Nullpunkte aufweisen. Der fallende Theil der Curve sollte fast vollständig fehlen. In der That wird er wohl aber da sein, da man wohl nicht gern glauben darf, dass diese unsere Function eine Ausnahme von der alten Regel: „natura non facit saltus“, oder von einer neueren, inhaltsschwereren Formulirung: „jede Bewegung ist rhythmisch“, machen sollte. Nach dieser Darstellung sollte man also schliessen, dass die Expositionszeit, mit welcher der Maximaleffect des Bewusstseins erreicht wird, grösser wäre, als die hier gefundenen Zahlen. Es folgert jedenfalls aus den Versuchsergebnissen, dass diese Expositionszeit unter den Verhältnissen, deren wir uns hier bedient haben, nicht kleiner als  $0.3''$  ist.

Die Erscheinung, dass eine Reizung, die länger als eine andere derselben Intensität exponirt worden ist, eine Lichtempfindung geringerer Intensität als diese gegeben hat, habe ich nie constatiren können.



Hier scheint es mir von Interesse zu sein, die Aufmerksamkeit auf die Untersuchungen zu demselben Zweck, welche Exner ausgeführt hat, und auf die von ihm erreichten, dem Anscheine nach vollständigeren, Resultate zu richten. Der Grundsatz seiner Untersuchung ist in grösster Kürze, dass er in der einen halbkreisförmigen Hälfte des Sehfeldes, das von einem Tubus begrenzt wird, eine Reizung exponirt. Nach einer Zeit, zwischen 0.01" und 0.02" wechselnd, lässt er derselben eine gleiche Reizung im ganzen Sehfelde des Tubus unmittelbar folgen. Er bestimmt dann, wie lange die Reizung im ganzen Sehfelde exponirt werden konnte, während dass noch „der zu beobachtende Halbkreis deutlich sichtbar wurde“. Davon hat sich Nordman<sup>1</sup> zu der Annahme verleiten lassen, dass Exner mit Formempfindung gearbeitet habe. Infolge der Resultate, die ich bei meinen Versuchen erhalten habe, halte ich es für wahrscheinlicher, dass Exner nur eine stärkere Empfindung der einen Hälfte des Sehfeldes, in der nämlich, wo die Reizung die längere Zeit exponirt wurde, erhalten hat. Wenn Exner zu einer so grossen Expositionszeit für das ganze Sehfeld des Tubus gelangt ist, dass er keine Verschiedenheit mehr in demselben wahrnimmt, scheint die so gefundene Zeit fast gleich derselben zu sein, welche Maximaleffecte giebt (nach Exner an der Netzhaut). Nach der von mir dargestellten Auffassung der Sache ist diese Ansicht, scheint es mir, nicht befugt. Er hat nie versucht zu constatiren, dass eine bedeutendere Vergrösserung der Expositionszeit im halben Sehfelde eine ungleiche Empfindung nicht gegeben hätte, sondern nur bestimmt, bei welcher Expositionszeit eine gewisse, ihrer absoluten (nicht einmal ihrer relativen) Grösse nach constante Vergrösserung der Zeit, ungleiche Empfindungen nicht mehr hervorruft. Aus seinen S. 616 gegebenen Tabellen können die von ihm gebrauchten kleinsten Unterschiedsschwellen ermittelt werden. Sie stellen sich, für verschiedene Intensitäten gemessen, als  $\frac{1}{15.2}$ ,  $\frac{1}{13.4}$ ,  $\frac{1}{11.1}$ ,  $\frac{1}{8.4}$  und  $\frac{1}{13.8}$ ,  $\frac{1}{11.8}$ ,  $\frac{1}{13}$ ,  $\frac{1}{7}$  heraus. Diese Werthe sind doch ein wenig niedriger als die wirklichen, die nicht exact berechnet werden können, da man die grösste Expositionszeit nicht kennt, von welcher es durch Vermehrung gelungen ist, ungleiche Empfindungen zu erhalten, sondern hat nach einer ein wenig grösseren Zahl berechnen müssen. Dass die so erhaltene Expositionszeit die Zeit sein sollte, mit der Maximal-effect erreicht wird, scheint mir durchaus unwahrscheinlich, da die Empfindlichkeit — nach den von mir mitgetheilten Curven die Ordinate — zuerst den Nullpunkt erreichen muss, und da wir keine solche plötzliche Wechselungen einräumen wollen. Die Reizungszeiten, bis zu welchen

<sup>1</sup> A. a. O. S. 2.

Exner die Empfindlichkeit für eine Aenderung der Zeit nachgewiesen hat, variiren zwischen 0.2777" und 0.1188" für verschiedene Intensitäten; also eine gewisse Uebereinstimmung zwischen den grössten von uns gefundenen Zeiten.

Aber Exner giebt sich damit nicht zufrieden, auf diese Weise die Expositionszeiten für Maximaleffecte zu fixiren. Er behauptet, dass, wenn man die Reizung im ganzen Sehfeld lange genug — über die Zeit für Maximaleffecte hinaus — fortfahren lässt, man ein negatives Nachbild vom Halbkreis sehen werde. Durch das Feststellen der kleinsten Expositionszeit, wo dieses Nachbild erscheint, will er von der anderen Seite der Expositionszeit mit Maximaleffect die Grenzen feststellen. Meiner Meinung nach hätte er die Hälfte des Sehfeldes, wo die Reizung am längsten exponirt wurde, als die am schwächsten beleuchtete sehen sollen, was man so möglicherweise ein negatives Nachbild nennen könnte. Was er sah, beschreibt er aber „als einen hellen, verticalen Streifen, der durch Contrast besonders hervortretenden Grenze zwischen dem schwarzen und weissen Halbkreis entsprechend“. Diese Erscheinung als ein negatives Nachbild zu erklären und einige Schlüsse daraus ziehen zu wollen, scheint mir ein wenig willkürlich, und man wird vielleicht auch eine Berechtigung zum Absehen von dieser Erscheinung in dem Umstand finden, dass Kunkel sie nicht hat beobachten können, obgleich er den Versuch auf ganz ähnliche Weise und mit demselben Apparat ausgeführt hat. Deshalb halte ich es nicht für genügend constatirt, dass Exner die für Maximaleffecte erforderliche Zeit festgestellt hat. Exner's Methode ist mehr genughuend, wenn er den fallenden Theil seiner Erregungscurve nachweist. Er hat hier ein hakenförmiges Sehfeld, exponirt die intensivere Reizung die längere Zeit und bestimmt so, wenn die beiden Theile des Sehfeldes gleich hell erscheinen. Es ist aber erstaunend, dass er mit den grossen hier benutzten Expositionszeiten (bis zu 0.65") nicht eine Empfindung von Hakenform erhält, welche die Beurtheilung von der Intensität stört. Beachtenswerth ist jedenfalls sein Resultat, das eine Reizung, die  $\frac{7}{10}$  von der Intensität der anderen hat, ebenso hell wie diese erscheint.

#### IV. Der Einfluss des Seh winkels auf die zum Erhalten einer Formempfindung erforderliche Reizungszeit.

Um diese Frage zu untersuchen wurden Versuche mit ein wenig geänderter Versuchsanordnung unternommen. Als Gegenstände wurden Snellens-Haken, und zwar der Form gewählt, wo die Breite des Ein-

schnittes  $\frac{1}{3}$  der Seite der ganzen quadratischen Figur war. Der Haken war drehbar, und die Versuchsperson sollte angeben können, nach welcher Richtung die Oeffnung des Hakens sah; wodurch man mit grösserer Gewissheit controliren konnte, ob sie wirklich den Gegenstand wahrgenommen hätte. Um die Expositionszeit zu messen wurde das früher beschriebene Pendel benutzt. Die äusseren Anordnungen des Versuches waren etwas verschieden. Das Pendel wurde hier in ein Zimmer mit einem Fenster gestellt; die Versuchsperson sass unmittelbar an dem Fenster, den Rücken gegen dasselbe gewendet; vor ihr stand, parallel mit dem Fenster, derselbe grosse Schirm wie früher und dahinter das Pendel. Hier brauchte man nicht den kleinen Blechschirm vor dem Pendel, da die Versuchsperson, die zwischen der einzigen Lichtquelle und dem grossen Schirme sass, um diesen nicht zu beschatten, so weit von demselben placirt werden musste, dass sein Sehfeld durch das Loch des Schirmes nicht über die Schirme des Pendels hinaus reichte. Die Haken waren aus weissem Carton ausgeschnitten und wurden an die vordere Mündung des oben erwähnten, innen mit schwarzem Sammet verkleideten Cylinders gestellt. Dieser wurde nun so placirt, dass die Versuchsperson, durch die Spalte zwischen den Pendelschirmen, den Haken beim Fall des Pendels sich im Loche des grossen vorderen Schirmes zeigen sah. Der weisse Carton, aus dem die Haken ausgeschnitten waren, wurde natürlich, da das Licht nur aus einem Fenster gerade von vorn heran kam, von den Schirmen des Pendels beschattet. Der ganze Cylinder mit dieser Scheibe wurde nun so weit zurückgeschoben, dass der weisse Carton dieselbe Lichtstärke zeigte — und dieselbe Farbe, da das graue Papier annäherungsweise farblos war — wie das graue Papier an den Schirmen des Pendels. Somit wurde es auch hier erreicht, dass eine möglichst lichtfreie Fläche auf einem fast homogenen, grauen Hintergrunde exponirt wurde. Der Sehwinkel wurde theils dadurch variirt, dass man Haken verschiedener Grösse hatte, theils dadurch, dass man sie, und folglich das ganze Pendel, in verschiedenen Abständen vom Auge stellte. Die Seiten der benutzten Haken waren 4.67, 3.11, 2.07 und 1.38 cm. Die Haken waren in einer Entfernung von 300, 200 und 100 cm vom Auge. Somit konnte der Sehwinkel von 15' 49" bis 2° 40' 31" variirt werden. Es ist klar, dass beim Wechsel des Abstandes der Haken und des Pendels von der Versuchsperson und somit auch vom Fenster — der einzigen Lichtquelle — nicht nur der Sehwinkel, sondern auch die Beleuchtungsintensität verändert wurde. Die Beleuchtung der grauen Schirme wurde natürlich in hohem Grade vermindert (es ist doch unmöglich exact anzugeben, in welcher Proportion), wenn sie von 1 bis 3 m vom Fenster

versetzt wurden. Die Verminderung, welcher die schon minimale Lichtquantität der Mündung des schwarzen Rohres unterliegt, wird ohne Bedeutung sein. Es ergibt sich hieraus, dass der Unterschied zwischen der Lichtintensität des Gegenstandes und derjenigen des Hintergrundes durch die Versetzung des Pendels geändert wird, d. h. grösser wird, je näher man dem Fenster kommt. Die Annahme liegt indessen nahe, dass die Netzhaut nach dieser veränderten Beleuchtung der Schirme, welche ja einen ziemlich grossen Theil des Sehfeldes ausfüllen, ihre Adaption ändern und ihre Lichtempfindlichkeit einstellen würde. Diese Annahme wird jedoch von den Versuchsergebnissen widerlegt. Die Seiten der verschiedenen Haken stehen in dem Verhältniss zu einander, dass jede gerade  $1\frac{1}{2}$  mal grösser als die nächstmindere ist. Da nun der Abstand des Pendels einmal  $2^m$ , ein anderes Mal  $3^m$  ist, also dieselbe Proportion, und da die Bestimmungen für alle vier Haken für sämtliche Abstände gemacht worden sind, ergibt sich hieraus, dass für 3 verschiedene Sehwinkel doppelte Werthe erhalten werden; einer für die schwächere Intensität, wenn das Pendel  $3^m$  entfernt ist, ein anderer für die stärkere in einem Abstände von  $2^m$ .

Der Sehwinkel	Die Intensität	Die Zeiten mit der Versuchsperson	
		H.	S.
0° 15' 49"	I <sub>3</sub>	0.01075"	0.0092"
0° 23' 43"	I <sub>3</sub>	0.00943"	0.00701"
0° 23' 43"	I <sub>2</sub>	0.00828"	0.00685"
0° 35' 38"	I <sub>3</sub>	0.0081"	0.00593"
0° 35' 38"	I <sub>2</sub>	0.00773"	0.00596"
0° 47' 26"	I <sub>1</sub>	0.00845"	—
0° 53' 31"	I <sub>3</sub>	0.00992"	0.00907"
0° 53' 31"	I <sub>2</sub>	0.00784"	0.00707"
1° 11' 10"	I <sub>1</sub>	0.00959"	—
1° 20' 16"	I <sub>2</sub>	0.00895"	0.00773"
1° 46' 54"	I <sub>1</sub>	0.00913"	—
2° 40' 31"	I <sub>1</sub>	0.01187"	—

I<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>1</sub> bezeichnen die Lichtintensitäten, welche graue Schirme haben, wenn das Pendel 3, 2 und 1<sup>m</sup> vom Fenster entfernt ist.

Aus der obigen Tabelle sieht man aber, dass mit gleichem Sehwinkel bei der grösseren Intensität überall (nur mit einer unbedeutenden Ausnahme) kleinere Werthe für die erforderliche Expositionszeit erhalten worden sind. Aus dieser Tabelle geht ferner hervor, dass die erforderliche Expositionszeit sowohl nach den kleinsten, wie nach den grössten Sehwinkeln zu vergrössert wird; ist am kleinsten bei 35' (oder zwischen

23' und 53') nach den Bestimmungen mit den beiden kleineren Intensitätsdifferenzen; dass sie bei allen den mit der grössten Intensitätsdifferenz angewandten Schwinkeln — der kleinste 47' — (mit einer, allem Anschein nach, zufälligen Ausnahme) steigt.

Hier will ich hervorheben, dass der Schwinkel, den man bei diesen Experimenten als denjenigen angetroffen hat, der die kürzeste Expositionszeit gestattet, sehr gut mit dem zusammenstimmt, welchen Charpentier<sup>1</sup> als die kleinste Lichtintensität verlangend gefunden hat. Diesen Winkel giebt er nämlich zu 40' an, aber nach den von ihm gegebenen Mittheilungen: die Grösse des Gegenstandes 2<sup>mm</sup>, der Abstand desselben 20<sup>cm</sup>, wird der Schwinkel 34' 20". An einer anderen Stelle (S. 143) sagt er doch: „le min. perc. pour des surfaces plus grands que les limites indiquées continue en réalité à décroître très légèrement quand la surface augmente, mais cette diminution est insignifiante“. Also in dieser Hinsicht ist keine Uebereinstimmung mehr mit den hier gefundenen Resultaten. Dieselben stimmen durchaus nicht mit denjenigen Nordman's<sup>2</sup> überein, der gefunden hat, dass eine Vergrösserung des Schwinkels bis 1° 31' 40" — ein grösserer ist bei seinen Versuchen nicht angewendet worden — die erforderliche Expositionszeit vermindert. Hier ist es vielleicht angemessen, daran zu denken, dass unsere Experimente sowohl als diejenigen von Charpentier mit für volles Tageslicht, Nordman's aber mit für Dunkel adaptirten Augen ausgeführt worden sind. Zum Schluss will ich nur hinzufügen, dass die von Nordman gefundenen Zeiten für seine kleineren Intensitäten weit grösser, aber auch für seine allergrössten nicht weniger als die hier gefundenen Zeiten sind. Wenn man hieraus etwas schliessen wollte, so wäre es, dass diejenigen, die mit für möglichst vollständiges Dunkel adaptirten Augen gearbeitet haben, es nicht erreicht haben, die Augen unter für ihre Function günstigere Verhältnisse zu setzen als diejenigen, welche zunächst das Ziel gehabt haben, die Augen unter die für ihre Function gewöhnlichsten Verhältnisse zu versetzen.

Zuletzt will ich eine Zusammenfassung meiner Darstellung geben:

1. Um die grösste Gewissheit davon zu gewinnen, dass dieselbe Adaption der Netzhaut während einer Reihe von Versuchen über den Lichtsinn beibehalten werde, muss das ganze Sehfeld, mit Ausnahme der sehr peripheren Theile desselben, von einem homogenen Lichte ausgefüllt sein — mit Ausnahme des für die Bestimmung benutzten Theiles der Netzhaut während der Reizungszeit selbst.

<sup>1</sup> A. a. O. S. 148.

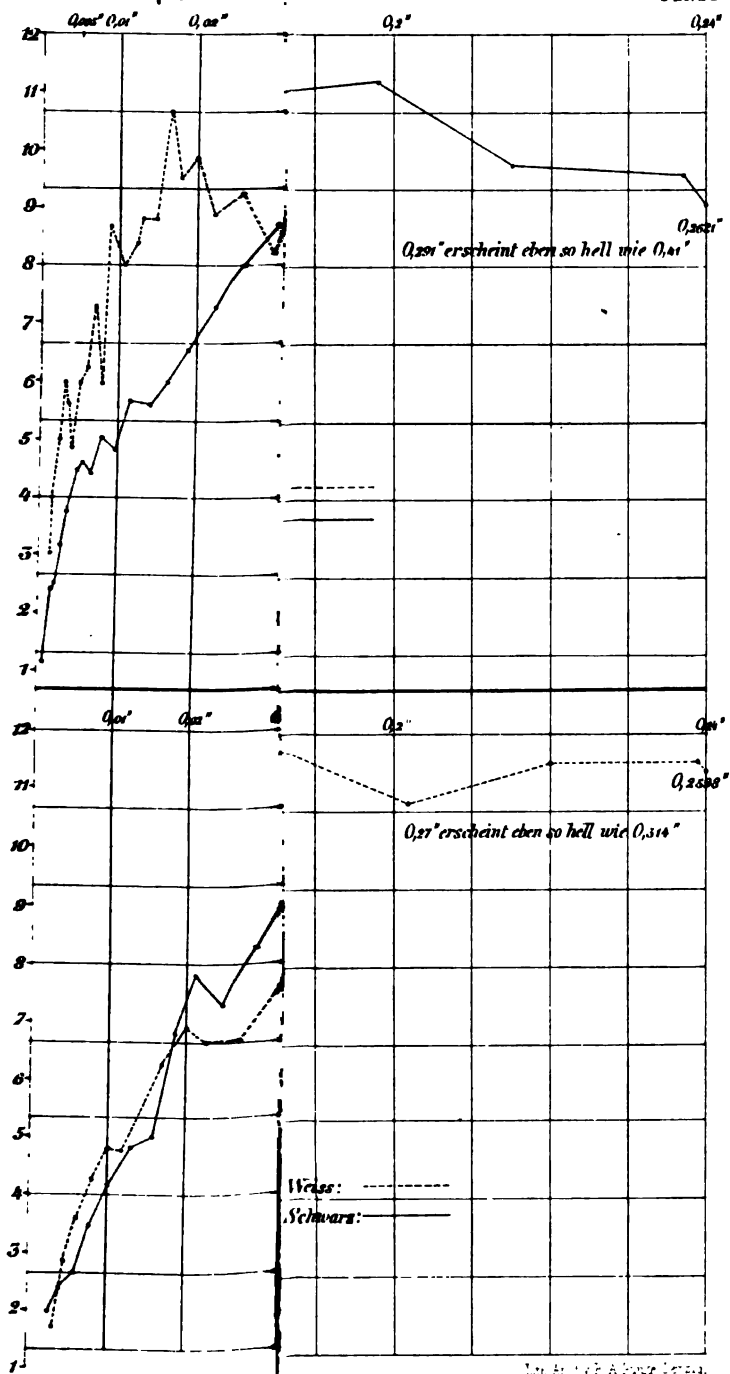
<sup>2</sup> A. a. O.

2. Diese Bedingungen werden am leichtesten und wahrscheinlich auch am vollständigsten erfüllt, wenn ich für gewöhnliches Tageslicht adaptire.

3. Versuche sind ausgeführt worden, wo diese Ansprüche auf Beibehaltung der Adaption erfüllt worden sind und, wo das Sehfeld mit einer Intensität, die die Hälfte von derjenigen einer ganz weissen Fläche ausmacht, erleuchtet worden ist. Der Sehwinkel der Gegenstände war 50'. Sie bestanden theils aus einer ganz weissen, theils aus einer möglichst lichtfreien Fläche. Nun wurde für beide Gegenstände festgestellt:

- I. dass die für Gesichtsempfindung erforderliche Reizungszeit etwa  $\frac{1}{1000}$  Secunde war;
- II. dass die Empfindlichkeit für eine Variation der Reizungszeit bei geringer Reizungszeit klein war, bei grösserer erst stieg, dann sich etwa constant hielt; die kleinste gefundene Unterschiedschwelle war  $\frac{1}{13}$ ;
- III. dass die für die stärkste Empfindung erforderliche Reizungszeit nicht mit Gewissheit festgestellt werden konnte, dass sie aber nicht weniger als  $\frac{3}{10}$  Secunde war;
- IV. dass die für eine Formempfindung erforderliche Reizungszeit bei einem Sehwinkel von 35' (oder zwischen 23' und 53') am kleinsten ist. Diese letzte Bestimmung ist doch bloss mit Anwendung der lichtfreien Fläche als Gegenstand ausgeführt worden.





Ent. Arch. f. Physiol. 1904.





# SKANDINAVISCHES ARCHIV FÜR PHYSIOLOGIE.

---

UNTER MITWIRKUNG VON

PROF. DR. S. TORUP IN CHRISTIANIA, PROF. DR. K. A. HÄLLSTÉN, PROF. DR. E. A. HOMÉN  
UND PROF. DR. E. E. SUNDBLAD IN HELSINGFORS, PROF. DR. CHR. BOHR IN KOPENHAGEN, PROF.  
DR. M. BLIX IN LUND, PROF. DR. S. JOLIN, PROF. DR. K. A. H. MÖRNER UND PROF. DR. R.  
TIGERSTEDT IN STOCKHOLM, PROF. DR. O. HAMMARSTEN, DR. W. LINDBERGER UND  
DR. HJ. ÖHRWALL IN UPSALA

HERAUSGEGEBEN

VON

**DR. FRITHIOF HOLMGREN,**

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN  
INSTITUTS AN DER UNIVERSITÄT ZU UPSALA.

---

FÜNFTER BAND.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND ACHT TAFELN.



LEIPZIG,  
VERLAG VON VEIT & COMP.

1895.

**Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.**

# Inhalt.

	Seite
N. P. SCHIERBECK, Fernere Untersuchungen über das Auftreten der Kohlen- säure im Magen . . . . .	1
MAGNUS BLIX, Ueber gleichfarbige (isochromatische) Induction . . . . .	13
J. E. JOHANSSON, Ueber die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die Ath- mung und die Herzthätigkeit . . . . .	20
A. KLINCKOWSTRÖM, Beiträge zur Kenntniss der Augen von Anableps tetrophthalmus. (Hierzu Taf. I.) . . . . .	67
ROBERT TIGERSTEDT, Ueber die Ernährung des Säugethierherzens. Zweite Abhandlung . . . . .	71
ROBERT TIGERSTEDT, Die Entdeckung des Lymphgefäßsystemes . . . . .	89
E. O. HULTGREN und E. LANDERGREN, Ueber die Ausnützung gemischter Kost im Darne des Menschen . . . . .	111
Dr. J. H. ÅKERMAN, Experimentelle Beiträge zur Kenntniss des Pylorus- secretes beim Hunde . . . . .	134
MAGNUS BLIX, Die Länge und die Spannung des Muskels. Dritte Abhand- lung. (Hierzu Taf. II bis VI.) . . . . .	150
MAGNUS BLIX, Die Länge und die Spannung des Muskels. Vierte Abhand- lung. (Hierzu Taf. II bis VI.) . . . . .	173
S. G. HEDIN, Ueber die Einwirkung einiger Wasserlösungen auf das Vo- lumen der rothen Blutkörperchen . . . . .	207
CHE. BOHR und V. HENRIQUES, Ueber die Blutmenge, welche den Herz- muskel durchströmt . . . . .	232
S. G. HEDIN, Ueber den Einfluss von Salzlösungen auf das Volumen der rothen Blutkörperchen. Zweite Abhandlung . . . . .	238
Prof. K. A. H. MÖRNER, Kleinere Mittheilungen.	
1. Krystalle von Carbonaten der alkalischen Erde aus Blutserum . . . . .	271
2. Im Muskelplasma ausgeschiedenes Kreatin . . . . .	272
3. Untersuchung der Blasenflüssigkeit nach Verbrennung der Haut . . . . .	272
4. Analyse des Inhaltes einer Pancreascyste . . . . .	274
5. Eine Reaction auf Acetessigsäure im Harn . . . . .	276
JOHN SJÖQVIST, Physiologisch-chemische Beobachtungen über Salzsäure, (Hierzu Taf. VII und VIII.) . . . . .	277
S. G. HEDIN, Die osmotische Spannung des Blutes . . . . .	377
C. G. SANTÉSSON, Einige Beobachtungen über die Ermüdbarkeit der mo- torischen Nervenendigungen und der Muskelsubstanz . . . . .	394



# Fernere Untersuchungen über das Auftreten der Kohlensäure im Magen.

Von

N. P. Schierbeck.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Kopenhagener Universität.)

In einer vorhergehenden Abhandlung, „Ueber Kohlensäure im Ventrikel“,<sup>1</sup> gelang mir der Nachweis, dass der Inhalt des Magens fortwährend mit einer gewissen Menge Kohlensäure gesättigt ist. Wird der Magen entleert und darauf von neuem gefüllt, so wird der neue Inhalt ebenfalls und zwar sehr schnell ganz in demselben Procentgehalt mit Kohlensäure gesättigt werden wie der vorige. Die Kohlensäure tritt im Magen also mit einer gewissen Spannung auf, deren Grösse von dem Zeitpunkte der Verdauung abhängig ist, indem sie während des Fastens sehr niedrig ist und ihr Maximum, ca. 130—140 mm, auf dem Gipfel der Verdauung erreicht und hinsichtlich eines und desselben Individuums bei der nämlichen Ernährung mit ihren Werthen eine durchaus bestimmte Curve beschreibt.

Dem angewandten Versuchsverfahren zufolge vermochten wir sowohl Gährungen als regurgitirte Luft des Darms als Quelle dieser Kohlensäure auszuschliessen, und wir mussten deren Ursprung desshalb in der Digestionsschleimhaut selbst aufsuchen.

Ferner sahen wir, dass die Bildung dieser Kohlensäure am natürlichsten als eine Function der Zellen der Digestionsschleimhaut aufzufassen sei, indem sie ihren Ursprung entweder einer gleichzeitigen und genau angemessenen Secretion von Säure und kohlensauren Salzen verdankte, oder wohl vielmehr ein directes Product der Thätigkeit der Zellen wäre.

Bei vorliegender Arbeit stellte ich mir nun die Aufgabe, das Auftreten dieser Kohlensäurespannung zu untersuchen, wenn die Einwirkung

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 28. Januar 1893.

<sup>2</sup> *Dieses Archiv.* 1891.

auf die Zellen der Magenschleimhaut nicht durch Reizung mittels der Nahrung verursacht wird, sondern nach Einführung von Giftstoffen in das Blut eintritt. Gelingt es nämlich, mittels nervöser Reizung der Zellen der Magenschleimhaut eines völlig leeren Magens die Kohlensäurespannung, die in diesem Falle niedrig ist, durch Gifte zu steigern, oder umgekehrt dieselbe während lebhafter Verdauung, wo sie hoch ist, zum Sinken zu bringen, so ist die fernere Gewissheit gewonnen, dass die Kohlensäureerzeugung eine Function eben der Zellen der Schleimhaut sein muss. Die zu diesem Zwecke versuchten Giftstoffe waren das Pilocarpin und das Nicotin und die angewandte Versuchsmethode ganz die nämliche, wie die in der oben erwähnten Abhandlung beschriebene, weshalb sie hier nicht näher berührt wird.

**Versuch an einem Hunde nach subcutaner Injection  
salzsauren Pilocarpins.**

Tabelle I.

Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 mm	physisch absorbt	Spannung in mm
I.	Hund I bei leerem Magen	Einmalige Auswaschung d. Magens. Einführung von 300 <sup>ccm</sup> . Das Hervorgeholte fahl, leicht gelblich und schleimig	alkalisch	6.8	60.0	2.6	35.4
	5 <sup>me</sup> Chloretum Pilocarpinum	Entschied. Vergiftungssymptome im Verdauungscanal					
	1/2—3/4 Std. später	Einmal. Auswaschung. 300 <sup>ccm</sup> wurden eingeführt. Das Hervorgeholte leicht gelblich, fahl, trübe	sauer	9.6	55.9	9.5	128.2
II.	bei leerem Magen	Zweimal. Auswaschung mit 300 <sup>ccm</sup> . 300 <sup>ccm</sup> wurden eingeführt. Das Hervorgeholte fahl mit einz. Schleimklumpen	alkalisch	6.2	60.5	1.6	21.2
	5 <sup>me</sup> Chloretum Pilocarpinum	Entschied. Vergiftungssymptome					

Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			Spannung in mm
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 mm	physisch absorbiert	
III.	$\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Std. später	Zweimal. Auswaschung. Das Spülwasser stark trübe, gelblich mit zahlr. kleinen Schleimklumpen. 300 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelbl., trübe wie zersetzte Fleischbrühe	sauer	8.5	56.2	8.0	109.2
	b. leer. Magen 7 <sup>mm</sup> Chloretum Pilocarpinum	Noch heftigere Vergiftungssymptome					
	$\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Std. später	Auswaschung. 300 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelblich, trübe, wie versetzte Fleischbrühe	alkalisch	10.2	64.4	1.6	21.2
IV.	$\frac{1}{2}$ Std. später	Fortwährend starker Speichelauswurf u. eine einz. Darmausleerung. Einmal. Auswaschung. 200 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte klar, stark gelb	alkalisch	10.0	64.2	1.6	21.2
	b. leer. Magen 4 <sup>mm</sup> Chloretum Pilocarpinum	Vergiftungssymptome wie bei den Versuchen I und II.					
	$\frac{1}{2}$ Std. später	Zweimal. Auswaschung. 200 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelblich, klar, leicht mit Schleim vermischt	alkalisch	7.7	60.0	3.5	47.5
V.	Hund II b. leer. Magen 6 <sup>mm</sup> Chloretum Pilocarpinum	Entschied. Vergiftungssymptome					
	$\frac{1}{2}$ Std. später	Einmal. Auswaschung. D. Hervorgeholte gelbl., fahl, schwach trübe, einz. Schleimklumpen	alkalisch	7.2	60.3	2.7	36.9
	$\frac{1}{2}$ Std. später	Einmal. Auswaschung. Das Hervorgeh. wasserklar, schwach gelblich	alkalisch	6.6	60.6	1.8	25.1



Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			Spannung in mm
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 <sup>mm</sup>	physisch absorbt	
VI.	Hund III bei leerem Magen	Einmal. Auswaschung. D. Hervorgeholte farblos, opalschimmernd, ziemlich klar	alkalisch	7.1	62.6	0.3	3.7
	6 <sup>me</sup> Chloretum Pilocarpinum 3/4 Std. später	Entschied. Vergiftungssymptome Einmal. Auswaschung. 250 <sup>cem</sup> eingeführt. Das Hervorgeh. gelb, klar, ziemlich viele Schleimklumpen	sauer	10.4	57.5	8.7	118.2
VII.	bei leerem Magen	Zweimal. Auswaschung. Das Hervorgeholte klar, schwachschleimig, ohne Nahrungsreste	alkalisch	5.6	60.5	0.9	11.1
	7 <sup>me</sup> Chloretum Pilocarpinum 40 Minuten später	Zweimal. Auswaschung. D. Hervorgeholte gelb, schleimig	—	7.9	59.9	3.8	51.2
	50 Minuten später	Auswaschung. Das Hervorgeh. gelb, schleimig	—	6.9	59.6	3.1	42.8

Wie aus der Tabelle zu ersehen, vermag also wirklich das Pilocarpin, in Dosen von 0.7—1.4<sup>me</sup> Chloretum Pilocarpinum per kg des Körpergewichts subcutan injicirt, die Spannung der Kohlensäure von ihrem minimalen Inanitionswerthe schnell bis zu ihrer maximalen Grösse zu steigern.

Wo dies stattfand, war die Reaction des hervorgeholten Wassers stets sauer, ohne jedoch (wahrscheinlich der starken Verdünnung wegen) so stark zu sein, dass es möglich war, nachzuweisen, ob sie von Salzsäure, Milchsäure oder sauren Salzen herrührte.

Jedoch trat diese Wirkung des Pilocarpins nicht jedesmal ein, indem ebenso häufig die Spannung der Kohlensäure den Punkt nicht überstieg, den sie im betreffenden Individuum oft bei leerem Magen erreicht hatte. Die Reaction des hervorgeholten Wassers erwies sich dann stets alkalisch.

Eine Mittelstufe nimmt der eine der am Hunde III angestellten Versuche ein, wo das Pilocarpin die Spannung der Kohlensäure aller-

dings über den diesem Individuum bei leerem Magen eigenthümlichen sehr niedrigen Werth steigerte, jedoch nur bis zu einer verhältnissmässig geringen Höhe, welche die Werthe nicht überschreitet, die mitunter bei anderen Hunden mit leerem Magen anzutreffen sind. Die Reaction des Hervorgeholten ist hier ebenfalls alkalisch.

Es ist nicht leicht einzusehen, weshalb das Pilocarpin bald auf die hier besprochene Function einwirkt, bald aber auch nicht, da die anderen begleitenden Symptome der Wirkung des Pilocarpins auf den Verdauungscanal, wie Erbrechen, Darmausleerungen und starke Speichelsecretion, in allen angestellten Versuchen von gleicher Deutlichkeit waren, in einigen, wo die Einwirkung auf die Spannung der Kohlensäure ausblieb, sich sogar noch entschiedener äusserten.

Der Grund, weshalb die Wirkung des Pilocarpins sich nicht bei diesen Versuchen zeigte, lässt sich auch nicht darin suchen, dass die Proben entweder zu früh genommen wurden, bevor die Wirkung schon eingetreten war, oder auch zu spät, nachdem sie aufgehört hatte. Denn bei zwei der negativ ausfallenden Versuche wurden Proben genommen, sowohl ca.  $\frac{1}{2}$  Stunde nach der Ingestion (zu welchem Zeitpunkte stets die Proben für die positiv ausfallenden Versuche entnommen wurden, da dies der Ekelfälle und Erbrechen wegen die möglichst kurze Zeit war, um nach der Ingestion einen Versuch am Hunde anzustellen), als auch 1 Stunde nach der Ingestion, und zwar beide mit gleich niedrigen Werthen. Der Versuch VII, Hund III, zeigt nun zugleich, dass die erst einmal hervorgerufene Wirkung eine Zeit lang andauert, indem die Spannung der Kohlensäure nach Verlauf von  $1\frac{1}{2}$  Stunden hier noch nicht bis auf den niedrigen Inanitionswerth gesunken ist.

Die Versuche mit Nicotin wurden folgendermaassen angestellt:

Am Morgen des Versuchstages erhielt der Hund als erstes Futter 50<sup>g</sup> Fleisch; eine Probe zur Bestimmung der Kohlensäure wurde ca. 2 Stunden später genommen, da aus früheren Versuchen bekannt war, dass die Spannung der Kohlensäure zu diesem Zeitpunkt hoch sein musste. Gleich darauf wurde das Nicotin injicirt und nach Verlauf von ca.  $\frac{1}{4}$  Stunde eine zweite Probe genommen.

**Versuche über die Verdauungsstadien des Hundes nach subcutaner Injection salzsauren Nicotins.**

Tabelle II.

Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 mm	physisch absorbiert	Spannung in mm
VIII.	Hund I 2 $\frac{1}{2}$ Std. nach d. Verzehren v. 50 <sup>g</sup> Fleisch	Einmal. Auswaschung. 300 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelblich, schwach getrübt; ziemlich viele Fleischfasern, ein einzelner Speichelklumpen	sauer	9.8	57.8	7.3	99.4
	30 <sup>mg</sup> salzsaur. Nicotins 25 Min. später	Starke Athmungsbeschw. Erbrechen. Zittern Bei nachlassenden Erbrechen gelang es, eine Probe zu erhalten. 200 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelblich, gleichmässig trübe, fahl	sauer	8.0	60.6	3.2	43.3
IX.	Hund II 1 $\frac{1}{2}$ Std. nach d. 50 <sup>g</sup> Fleisch	Der Versuch misslang					
	25 <sup>mg</sup> salzsaur. Nicotins. $\frac{1}{4}$ St. nach dem Versuch	Heftige Vergiftungssymptome. Zweimalige Auswasch. Die Sonde der Brechbewegungen wegen schwer zu handhaben. 200 <sup>ccm</sup> eingeführt. D. Hervorgeholte schwach gelblich und schleim.; ziemlich viele Fleischfasern	sauer	7.7	57.7	5.9	80.1
X.	1 $\frac{1}{2}$ Std. nach d. 50 <sup>g</sup> Fleisch	Auswaschung. Das Hervorgeholte gelblich-braun, trübe, feine Fleischfasern	sauer	8.1	56.1	7.8	105.8
	35 <sup>mg</sup> salzsaur. Nicotin	Heftige Vergiftungssymptome, besonders starkes Erbrechen					

Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			Spannung in mm
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 mm	physisch absorbt	
XI.	1/4 Std. später	200 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte schwach gelblich, ziemlich klar, einzelne Fleischfasern	alkalisch	6.3	57.8	4.3	58.7
	2 3/4 Std. nach d. 50 <sup>er</sup> Fleisch	Dreimal. Auswaschung. 250 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte schwach gelblich, trübe, wie versetzte Fleischbrühe	sauer	8.7	57.0	7.5	102.0
	50 <sup>er</sup> salzsaur. Nicotins	Entschied. Vergiftungssymptome, indess nicht so heftig wie bei Vers. X					
	1/4 Std. später	Auswaschung. 200 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelb, ein wenig trübe	sauer	8.3	58.9	5.2	71.2
XII.	Hund III 1 1/2 Std. nach d. 50 <sup>er</sup> Fleisch	Zweimal. Auswaschung. 250 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte gelblich-braun m. ziemlich vielen Fleischfasern	sauer	8.9	56.8	7.9	106.6
	50 <sup>er</sup> salzsaur. Nicotins	Heftige Vergiftungssymptome					
	1/4—1/2 Std. später	Einmal. Auswaschung. 250 <sup>ccm</sup> eingeführt. Das Hervorgeholte wasserklar, fahl, schwach schleimig	alkalisch	5.2	60.8	0.2	2.6
XIII.	1 Std. nach d. 50 <sup>er</sup> Fleisch	Wiederholte Auswasch., verstopfender Fleischklumpen wegen. Das Hervorgeholte gelblich, klar. Bodensatz von Fleischfasern	alkalisch	8.2	58.2	5.8	79.1
	60 <sup>er</sup> salzsaur. Nicotins	Heftige Vergiftungssymptome					
	20 Min. später	Auswaschung. Das Hervorgeholte von dem oben beschriebenen Aeusseren	—	7.1	62.4	0.5	6.5

Nr. des Versuchs	Stadium der Verdauung	Verlauf des Versuchs	Reaction	Vol. d. CO <sub>2</sub> in %			
				gefunden	absorb. bei ein. Spann. von 760 mm	physiisch absorbiert	Spannung in mm
	40 Min. später	Fütterung versucht, vom Hunde entschieden abgelehnt. 50 <sup>g</sup> Fleischmehl in Wasser ausgerührt, mittels d. Sonde eingeführt					
	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Std. später	Auswasch. Zahlreiche Ueberreste des Fleischmehls im Magen. Das Hervorgeholte trübe, gelblich	—	8.2	58.2	5.7	79.7

Das Nicotin bewirkte also bei allen Versuchen eine plötzliche und bei den meisten eine starke Senkung der Kohlensäurespannung. Die angewandten Dosen bestanden aus 6—8<sup>mg</sup> salzsauren Nicotins per kg des Körpergewichts. Die Vergiftungssymptome zeigten sich sehr entschieden bei allen Versuchen. Starke Athmungsnoth nebst Zittern am ganzen Körper trat fast augenblicklich ein und kurz darauf kamen heftige Erbrechungen, mittels deren oft der ganze Inhalt des Magens abgegeben wurde. Diese Erbrechungen liessen ca.  $\frac{1}{4}$  Stunde nach der Injection nach, so dass sich nun eine Probe nehmen liess.

Dass das Sinken der Kohlensäurespannung nicht davon herrühren kann, dass der Magen mittels der Erbrechungen seines Inhalts entleert wurde, haben frühere Versuche dargelegt.<sup>1</sup>

Die Curve für den Verlauf der Kohlensäurespannung während ungestörten Verdauens war mit Bezug auf zwei der Versuchshunde vorher bestimmt worden (die Figur S. 10 giebt die eine dieser Curven), und diese sanft verlaufende Curve wird sogleich nach der Injection des Nicotins gebrochen und fällt plötzlich in der Richtung auf die Abscissenachse herab.

Das Nicotin bewirkt also eine plötzliche Verminderung der Kohlensäureproduction, bisweilen sogar fast deren vollständiges Aufhören, ein Ergebniss, das von nicht geringem Interesse ist, wenn man bedenkt, dass Langley<sup>2</sup> nachgewiesen hat, wie das Nicotin ein im höchsten Grade lähmendes Ganglienzellengift ist; seine Wirkung bei diesen Versuchen ist daher wohl als eine Ermässigung oder gänzliche Hemmung

<sup>1</sup> Siehe die angeführte Abhandlung, Versuch X.

<sup>2</sup> *Journal of Physiology*. XI.

der Thätigkeit der Schleimhautzellen durch Lähmung der Ganglien der Magenschleimhaut aufzufassen.

Beim Versuch XIII versuchte ich, den Hund nach der Nicotin-injection zum Fressen zu bringen, dies wollte aber nicht einmal 1 Stunde nach der Injection gelingen, da der Hund das Futter entschieden ablehnte. Es wurden daher 50<sup>g</sup> Fleischmehl in ein wenig Wasser ausgerührt und mittels der Sonde eingeführt und 1½ Stunde später wurde die Kohlensäurespannung untersucht. Diese war nun wieder gestiegen, woraus hervorgeht, dass die Wirkung des Nicotins nur von kurzer Dauer ist und dass das Functionsvermögen der Zellen darauf wieder zurückkehrt.

Ausser dem Einfluss dieser Giftstoffe, der sich nach deren Einführung in das Blut entfaltet, versuchte ich ebenfalls, durch Reizung der Magenschleimhaut mittels eines Irritamentes, das nicht zur Gruppe der Nahrungsmittel gehörte und eine fragliche Gährung im Magen völlig ausschliessen könnte, auf die Kohlensäurespannung zu wirken. Hierzu wählte ich Wasser mit Kohlensäure gesättigt. Die Kohlensäurespannung des leeren Magens wurde untersucht und 18.9<sup>mm</sup> befunden. Hierauf wurden bei einer Temperatur von 37.5° 200<sup>ccm</sup> mit Kohlensäure gesättigten Wassers eingeführt. Nach ¾ Stunden wurde eine gründliche Auswaschung des Magens angestellt und eine Probe zur Bestimmung der Kohlensäure genommen. Es erwies sich nun, dass die Kohlensäurespannung 116.9<sup>mm</sup> erreicht hatte und die Reaction statt der vorher alkalischen eine saure geworden war.

Wasser allein in den Magen eingeführt zeigte sich stets ohne Einfluss auf die Kohlensäurespannung, und es muss bei diesem Versuch also die vom Wasser absorbirte Kohlensäure gewesen sein, die als Irritament wirkte.

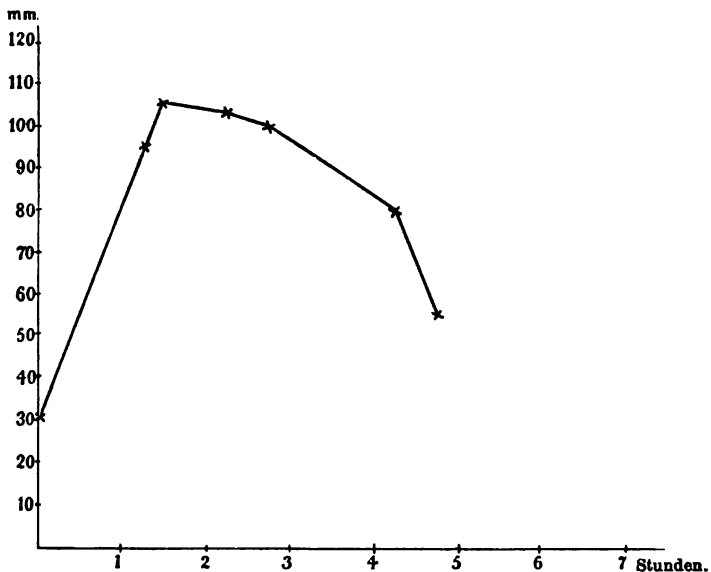
Auch hier wurde also ein Steigen der Kohlensäurespannung des Magens unter Verhältnissen hervorgerufen, die nicht wohl eine andere Deutung der Ursache als eine directe oder reflectorische Einwirkung auf die Function der Schleimhautzellen selbst gestatten.

Bei diesem Versuch ergab es sich zugleich, dass die Kohlensäure selbst ein ausgezeichnetes Reizungsmittel zur Beförderung der Secretion im Magen ist.

---

Schliesslich wurde untersucht, inwiefern ein Wegfallen der Bedeutung der Vagusnerven für den Magen durch deren Durchschneidung am Halse auf das Erscheinen der Kohlensäurespannung Einfluss üben möchte.

Kurz nach Fütterung eines Hundes wurden beide Vagusnerven an dessen Halse durchschnitten, und 19 Stunden später wurde ein Versuch angestellt. Die Untersuchung ergab, dass der Magen zahlreiche Fleischreste und einige cm einer braunen, stark sauer riechenden Flüssigkeit enthielt. Die Reaction der letzteren war sauer, es liess sich aber weder Salzsäure noch Milchsäure nachweisen. Der Magen wurde mittels wiederholter Auswaschungen von seinen Nahrungsresten gereinigt und darauf eine Probe zur Bestimmung der Kohlensäure genommen. Es ergab sich hierbei eine Spannung der Kohlensäure des Magens von 117.7 mm, ziemlich annähernd also die maximale Grösse. Da wie gewöhnlich der Tod bald nach dieser Operation eintrat, liess sich der fernere Verlauf der Kohlensäurespannung nicht verfolgen, der Versuch beweist aber zur Genüge, dass die Kohlensäurespannung trotz totaler Durchschneidung der Vagusnerven im Magen andauert.



Um nun den Verlauf der Kohlensäurespannung nach Durchschneidung beider Vagi zu studiren, wurde versucht, eine solche unterhalb des Zwerchfelles an den Hunden I und II zu untersuchen, eine Operation, welche die Thiere sehr lange überleben können. Die Section der Hunde zeigte indess, dass die Operation in beiden Fällen nicht

gänzlich gelungen war, indem ein einzelner Zweig der Nerven in beiden unversehrt blieb.

Ich werde mich deshalb nicht darauf einlassen, die in dieser Beziehung angestellten Versuche zu referiren, sondern nur die Aufmerksamkeit darauf hinlenken, dass die wiederholten Bestimmungen des Verlaufes der Kohlensäurespannung, die nach derselben Fütterung sowohl vor als nach der Operation angestellt wurden, wieder zeigten, wie regelmässig diese Function stets während der Verdauung auftritt und verläuft. Als Beispiel hiervon werde ich eine der Curven hersetzen, deren Aufzeichnung meine Versuche mir gestatteten und die den Verlauf der Kohlensäurespannung nach Fütterung mit 50<sup>g</sup> Fleisch im Hunde II angiebt.

Einen einzelnen Umstand, der sich während des Verlaufes der Kohlensäurespannung nach der Operation zeigte, werde ich jedoch in Kürze erwähnen, denjenigen nämlich, dass der Verlauf hier in beiden Fällen auf eine Hemmung des Verdauungsorganes zu deuten schien, indem die Kohlensäurespannung ca. 5—6 Stunden nach der Fütterung entweder noch gar nicht oder doch nur höchst unbedeutend zu sinken angefangen hatte, während sie um diesen Zeitpunkt normal nur die Werthe des leeren Magens haben sollte.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Hemmung eine Folge des operativen Eingriffes in den Bauch sein sollte, da die Curve erst lange nach der Operation bestimmt wurde, als die Hautwunde völlig geheilt war und der Hund sich dem Anschein nach ausgezeichnet befand.

Es scheint daher, was auch der Versuch, bei welchem die Vagi am Halse ganz durchschnitten waren, andeutet, dass die Durchschneidung der Vagi eine Hemmung des Verlaufes der Kohlensäurespannung während der Verdauung bewirkt, ein Verhalten, das mit früheren Untersuchungen über den Einfluss der Vagi auf die Magensecretion sehr wohl übereinstimmen würde.

Das Ergebniss der hier vorliegenden Versuche wird also folgendes:

Was frühere Versuche nachgewiesen hatten, nämlich das Vorhandensein und den regelmässigen Verlauf der Kohlensäurespannung im Magen während der Verdauung, wurde wieder festgestellt.

Es wurde nachgewiesen, dass diese Kohlensäurespannung durch subcutane Injection von Giftstoffen Einbusse erleiden kann, und es ist somit dargelegt, dass sie von der Function der Schleimhautzellen abhängig sein muss. So bewirkt das Nicotin stets, dass eine vorhandene hohe Kohlensäurespannung sozusagen augenblicklich sinkt, mitunter



bis auf die dem Thiere eigenthümlichen Inanitionswerthe, mitunter nicht völlig so weit.

Das Pilocarpin vermag bisweilen die niedrige Spannung im leeren Magen zu steigern, sogar bis zum maximalen Werth, mitunter aber auch nicht, obgleich die übrigen Vergiftungssymptome sich ebenso entschieden zeigen.

Endlich überdauert die Kohlensäureproduction die Durchschneidung beider Vagusnerven.

# Ueber gleichfarbige (isochromatische) Induction.<sup>1</sup>

Von

Magnus Blix.

(Vortrag gehalten im Lunder Aerzteverein am 23. Febr. 1892.)

Die Litteratur über diese interessante Erscheinung ist, so weit ich finden kann, wenig umfangreich.<sup>2</sup> E. Brücke hat zuerst die Aufmerksamkeit darauf gelenkt und ein Verfahren, sie hervorzurufen, beschrieben. Helmholtz constatirt die Stichhaltigkeit dieser Beobachtungen und stellt auch ein zweites Verfahren dar, dieselbe zu Stande zu bringen. Aubert hat auch mit der Methode Brücke's die gleichgefärbte Induction studirt, und ausserdem eine dritte Weise für die Darstellung derselben angegeben.

Die Methode Brücke's besteht darin, dass man das Tageslicht in ein Zimmer bloss durch eine gefärbte Glasscheibe hereinlässt, in deren Mitte man einen kleinen schwarzen Papierstreifen befestigt. Bei constanter Fixation des kleinen Streifens scheint er sich bald mit Licht derselben Farbe wie die des Glases, auf dem er sitzt, zu überziehen. Wenn man nur genau alles fremde Licht ausschliesst, so ist diese Methode gewiss unfehlbar. Helmholtz findet ausserdem, dass eine kleine weisse Fläche auf stark gefärbtem Grunde sich mit der Grundfarbe überzieht. Die Erscheinung zeigt sich hier bei Weitem nicht so deutlich wie mit der Methode Brücke's.

Aubert sah das ganze Sehfeld mit Blau überzogen werden, wenn er eine blaue Fläche excentrisch im Sehfelde zeigte. Dieses Verhältniss habe ich nicht sicher constatiren können.

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 25. April 1893.

<sup>2</sup> E. Brücke, *Pogg. Ann.* 1851. S. 424. Helmholtz, *Physiol. Optik.* S. 396. Aubert, *Physiol. d. Netzhaut.* S. 385 und *Handb. d. ges. Augenh.* II. 2. S. 549.

Eine besonders dankbare und einfache Methode ist mir während meiner Studien über den Lichtsinn aufgestossen. Die principielle Bedingung dafür ist, dass man über eine genügend lichtarme Fläche von passender Ausdehnung verfügt. Dazu verwende ich einen von den Physiologen früher oft gebrauchten Apparat, nämlich einen dünnen mit schwarzem Sammet ausgekleideten Cylinder, dessen Boden ein centrales Loch hat. Von diesem Loche wird sogar bei starker Beleuchtung sehr wenig Licht austreten, wenn die Dimensionen des Cylinders nur nicht zu knapp sind. Mit der Hülfe einiger Papierscheiben von ungleicher Farbe kann man die Farbe der das Loch umgebenden inducirenden Fläche variiren, während das centrale Loch der Scheiben fortwährend dasselbe minimale Licht herausendet. Wenn man nun die Mitte oder den Rand des Loches stetig fixirt, so trifft es früher oder später, je nach der Intensität der Beleuchtung, ein, dass sich das centrale Loch wie mit einem Schleier von der Farbe der Umgebung zu überziehen scheint. Die Farbe zeigt sich allerdings zuerst, und im Anfang am stärksten, an den Rändern, wird aber allmählich ziemlich gleichmässig vertheilt. Wenn die inducirende Farbe sehr intensiv ist, scheint das Loch fast auf den ersten Blick gefärbt. Damit hängt es auch zusammen, dass das Loch bei starker Beleuchtung im Anfang heller erscheint, je heller die umgebende Fläche (die Induction ist stärker als der Contrast), und dunkler, je dunkler die Umgebung ist.

Wenn die Beleuchtung schwach ist, werden grössere Forderungen an die Fähigkeit der unverrückbaren Fixation des Experimentirenden gestellt, um das Inductionsphänomen deutlich hervortreten zu machen. Wenn man nicht gut fixirt, kommen die Nachbilder und stören die Induction an den Rändern des Loches, wo die dunkle Farbe des Loches und die Farbe der Umgebung wechselweise in einander hereingreifen und dunkel oder hell gefärbte Randbilder hervorrufen. Wenn man nicht zu grosse Abweichungen mit dem Blicke macht, tritt jedoch die inducirte Farbe wenigstens in die Mitte des Loches ein.

Wenn zwei Farben im Sehfelde aneinander grenzen, entstehen im Allgemeinen Contrastphänomene. Doch ist dies nicht immer der Fall; vor Allem nicht dann, wenn die eine Farbe schwarz resp. genügend lichtschwach ist. Warum?

Brücke sagt davon schlechthin, dass die inducirte Farbe auf einer positiven Reizung der Netzhaut beruhe. Helmholtz hat zwei Erklärungen, eine für die starke Beleuchtung und eine für die schwache. Im ersteren Falle ist es in die Augenmedien zerstreutes Licht, das denjenigen Theil der Netzhaut trifft und reizt, der vom lichtschwachen Bilde aufgenommen wird. Es handelt sich hier um das Bild des

schwarzen Papiers in der Mitte der gefärbten Glasscheibe. Das Papier wird dabei, wenn auch schwach, durch von den Wänden des Zimmers, von dem Gesichte des Beobachters und von anderen Dingen reflectirtes Licht beleuchtet. Die Induction bei schwacher Beleuchtung erklärt Helmholtz durch die Eigenschaft des Sehapparates, bei dauernder Fixation desselben Sehfeldes die Grenzen zwischen ungleichfarbigen Theilen desselben allmählich zu verwischen, bis endlich das ganze Sehfeld von einer einzigen homogenen Fläche, die mit der vorherrschenden Farbe gefärbt ist, ausgefüllt wird.

Aubert begnügt sich damit, die Erläuterungen von Helmholtz zu verneinen, und die Verwandtschaft zwischen Induction und Contrast hervorzuheben. Gegen Helmholtz führt er an, dass „die auffallende Zunahme der Farbenintensität zu einer solchen Annahme nicht stimmen würde“, dass es sich bloss um die Lichtdiffusion in dem Auge handle. Die andere der Helmholtz'schen Erklärungen weist Aubert aus principiellen Gründen zurück, indem er annimmt, Helmholtz habe gemeint, dass hier eine „Verstimmung des Urtheils“ vorläge.

Ich habe nun einige Versuche gemacht und machen lassen, um die aufgestellten Erklärungsgründe zu prüfen. Alles deutet darauf hin, dass das in den Augenmedien zerstreute Licht der wichtigste Punkt ist. Aubert's Einwendung dagegen fällt weg, wenn man bedenkt, dass der Theil der Netzhaut, welcher in meinen Versuchen vom Bilde des Loches aufgenommen und bloss von diffusirtem Licht (also einem sehr schwachen Reize) getroffen wird, früher für viel intensivere Reizungen adoptirt war, und jetzt, unter Einfluss der schwachen Erregung, allmählich grössere Erregbarkeit erwirbt. Die diffusirte Lichtmenge ist natürlich am grössten am Rande vom Netzhautbilde des Loches. Auch wird die inducirte Farbe zuerst und am stärksten da gesehen. Dass die Farbe schliesslich überall gleich stark oder sogar stärker im Centrum (Aubert) erscheint, wird wahrscheinlich mit der langsameren Entwicklung der Adaption in den centralen Theilen der Netzhaut und der grösseren Resistenz dieser Theile gegen Ermüdung zusammenhängen. Es gilt nämlich, für meine Augen wenigstens, nur bei Fixirung vom Centrum des Loches. Sonst hat man auch guten Grund daran zu denken, dass eine mangelhafte Fixirung die Entwicklung der Adaption in den Theilen der Netzhaut hemmen könnte, wo die Ränder des Loches sich abzeichneten, und wo die Reizung zwischen dem inducirenden Lichte und dem zerstreuten, je nach den Verschiebungen des Blickes, wechselte.

Wenn das inducirende Feld aus zwei Farben besteht, so werden Mischfarben inducirt, wobei eine Farbe, die dem Rande des Loches

näher liegt (z. B. ein schmaler Ring) einen verhältnissmässig grösseren Einfluss auf den Charakter der inducirten Farbe ausübt, als eine Farbe, die ferner davon liegt.

Je lichtschwächer (resp. schwach beleuchtet) die inducirende Farbe ist, desto längere Zeit ist erforderlich, ehe sie eine merkbare Inductionsfarbe bewirkt.

Wenn man zuvor die ganze Netzhaut oder den dem Bilde des Loches entsprechenden Theil derselben für Dunkel adaptirt hat, so tritt die Inductionsfarbe um so viel schneller und kräftiger auf.

Alle diese Versuche sind so leicht nachzumachen, und geben so unzweideutige Resultate her, dass es wohl unnöthig sein dürfte, die Versuchsprotokolle beizufügen.

Inwieweit die Bildgrösse des Loches auf die Entstehung der inducirten Farbe einwirkt, kann nicht mit derselben Leichtigkeit ermittelt werden. In einigen Versuchen hat sich die inducirte Farbe langsamer bei grossem Loche als bei kleinem gezeigt, in anderen war ein bestimmter Unterschied in Bezug auf diese Sache nicht zu beobachten.

Einige Versuche, die relative Stärke der inducirten Farbe bei ungleicher Grösse des Loches zu messen, haben mehr übereinstimmende Resultate gegeben; sie bieten soviel Interesse dar, dass es mir angemessen scheint, sie ein wenig näher zu beschreiben. Die Versuche wurden von den Herren Stud. med. O. Jacobi und Nils Fick ausgeführt. Die Controlversuche, die ich selbst mit derselben Versuchsanordnung gemacht habe, stehen in voller Uebereinstimmung mit den Ermittlungen dieser Herren.

Die Versuche wurden so ausgeführt, dass die für die Beleuchtung des Zimmers adaptirten Augen während einer Minute die Mitte des Loches in einer Entfernung von einem halben Meter fixirten. Dann wurde die Beleuchtung schnell vermindert, bis das Loch und das inducirende Feld ausserhalb desselben gleich lichtstark erschienen. Die Beleuchtung wurde dadurch variirt, dass man die Grösse der Fensterfläche veränderte, durch die das Licht in das Zimmer eingelassen wurde. Das Fenster war mit völlig lichtdiffusirendem Papier überzogen, so dass alle Theile desselben dieselbe Lichtmenge hereinliessen. In sämmtlichen Versuchen trat mit dem kleineren Loche Gleichheit zwischen dem Lichte der inducirten Fläche und demjenigen der inducirenden Fläche bei stärkerer Beleuchtung ein. Der Process bei diesen Versuchen ist freilich sehr complicirt, jedoch nicht mehr, als dass er völlig analysirbar sein dürfte.

Ich stelle mir die Sache so vor: Während des vorbereitenden Stadiums (eine Minute in den unten vorgebrachten Versuchen) hat

das Licht der inducirenden Fläche die entsprechende Netzhautpartie ermüdet. Die Farbe dieses Feldes erscheint allmählich immer dunkler und weniger gesättigt (siehe unten). Bei der darauf folgenden

Farbe des inducirenden Lichtes	Halb- messer des Loches cm	1. Versuch		2. Versuch		3. Versuch	
		Jacobi	Fick	Jacobi	Fick	Jacobi	Fick
Weiss {	9	9 <sup>1</sup>	10	8	9	9	9
	2	44	45	48	48	47	48
Roth {	9	48	32	44	33	45	35
	2	80	73	86	78	88	75
Grün {	9	18	21	18	23	16	24
	2	64	65	64	66	64	65
Blau {	9	59	56	59	57	57	58
	2	71	66	71	66	73	68
Gelb	9	16	22	15	22	15	21

schnellen Abnahme der Beleuchtung wird die Erregung, welche das geschwächte Licht in dem ermüdeten oder für die reizende Lichtsorte verhältnissmässig unempfindlichen Netzhauttheile hervorbringt, plötzlich sehr geschwächt. Die centralen Theile der Netzhaut (es handelt sich hier um eine Fixirung der Mitte des Loches) dagegen werden während des Vorbereitungsstadiums nur von schwachem, zerstreutem Lichte getroffen, die Lichtempfindlichkeit wird grösser, und die Empfindung nimmt eine Zeit lang an Intensität zu. Wenn nun die Beleuchtung abnimmt, so wird auch die Intensität des reizenden Lichtes verhältnissmässig geschwächt. Dass die Intensität der von diesen Theilen der Netzhaut ausgelösten Empfindung dessenungeachtet nicht ebenso schnell vermindert wird, wie die von der umgebenden ermüdeten Netzhautpartie mit ihrer reducirten Erregbarkeit, ist gar nicht schwer zu verstehen und widerspricht auch nicht dem Weber'schen Gesetze. Es handelt sich hier eigentlich um zwei Sinneswerkzeuge von ganz verschiedener Erregbarkeit. Für die centralen Netzhauttheile kommt ausserdem ein anderes, gleichzeitig wirkendes Reizmittel dazu, nämlich das sogenannte Retinallicht, ein Reizmittel, das für das umgebende Feld weit unter dem Schwellenwerthe liegt. Dieses Reizmittel wirkt nun wiederum auf die Qualität der inducirten Lichtempfindung, indem es die Farbe weniger gesättigt und mit der Farbe des umgebenden Feldes

<sup>1</sup> Diese Zahlen messen die Breite der unbedeckten Fensterfläche, wenn Aehnlichkeit zwischen dem inducirten und dem inducirenden Felde eintrat.

mehr übereinstimmend macht, ohne dass es deshalb immer möglich ist, vollständige Gleichheit in dieser Hinsicht (der Farbenton) zu Stande zu bringen.

In diesem Zusammenhange kann ich nicht umhin, ein besonders interessantes Phänomen zu erwähnen, welches eintritt, wenn die Beleuchtung noch mehr vermindert wird, als erforderlich ist, um die rechte Aehnlichkeit zu schaffen, indem nun das dunkelgraue Feld der inducirenden Farbe einer erstaunlich brillanten Contrastfarbe weicht, während das Loch fortwährend die inducirte Farbe in kaum geschwächter Lebhaftigkeit zeigt. Wenn man nun die Beleuchtung ein wenig zunehmen lässt, tritt aufs neue eine Veränderung der Farbe des inducirenden Feldes ein. Es bildet wieder eine mit der inducirten Farbe homogene oder beinahe homogene Fläche. Im vorliegenden Falle haben wir also ein sehr schönes Beispiel eines contrastfarbigen, positiven Nachbildes, wo ausserdem das reagirende Licht dieselbe Qualität hat, wie das primäre, aber etwas geringere Intensität. Die Sache ist zwar nicht neu. Aehnliche Beobachtungen sind von Hering beschrieben worden, und schon längst von Helmholtz theoretisch abgefertigt.<sup>1</sup>

Es ist klar, dass die oben angeführten Versuche eine vollständige Genauigkeit in Bezug auf die Ziffern nicht beanspruchen können. Betreffs der Hauptsache aber gestatten sie keinen Zweifel, nämlich dass die inducirende Wirkung bei den kleinen Flächen stärker gewesen ist, als bei den grossen, ein Resultat, das man wohl der grösseren Menge von diffusirtem Licht, welches die entsprechend beschattete Netzhautpartie trifft, zuschreiben muss.

Wenn man voller Uebereinstimmung in Bezug auf das Aussehen der inducirten und der inducirenden Fläche nachstrebt, so kann dieses Ziel, selbst bei constanter Beleuchtung, nur durch dauernde unbewegliche Fixation erreicht werden. Dazu muss man aber nicht nur guten Willen haben, sondern auch eine nicht unbedeutende Uebung und vielleicht auch natürliche Anlagen. Man kann ja ohne Zweifel durch mechanische Mittel das Auge immobilisiren, mit dem wohlbekannten Effecte, dass alle objective Lichtreizung bald verschwindet, und nur die innere und eventuell die mechanische Reizung bleibt und Empfindungen zurücklässt. Immobilisirung ohne mechanische Hilfsmittel und ohne Druck auf den Bulbus führt schliesslich zu demselben Resultat; und ich will dabei ganz besonders hervorheben, dass für mich bei solcher Fixirung, nachdem die Grenzen zwischen den ungleichfarbigen Theilen des Sehfeldes verschwommen sind, das ganze Sehfeld, ehe es von dem

---

<sup>1</sup> Vergl. Helmholtz: *Physiol. Optik* S. 363.

objectiven Lichte ganz unabhängig wird, zwar einfarbig wird, dass aber diese Farbe mit der im Sehfelde vorherrschenden Lichtsorte nie völlig übereinstimmt, sondern viel matter, graumelirt und oft ganz grau ist. Die auf die beschatteten Theile der Netzhaut inducirte Farbe geht dabei zuletzt auch ins Graue über.

Aus diesem Grunde finde ich die zweite Erklärung Helmholtz's über die Entstehung der inducirten Farbe nicht zutreffend oder wenigstens allein nicht hinreichend. Eine andere Erklärung, für die schwache Beleuchtung passend, scheint mir auch nicht erforderlich. Wir brauchen nur die Annahme von der Rolle des zerstreuten Lichtes in diesem Falle mit der Anwendung von dem, was wir über die Adaptionsfähigkeit der Netzhaut wissen, zu ergänzen.

Hiermit stimmt auch die Erfahrung über die Entstehung der inducirten Farben bei ungleicher Beleuchtung überein. Es zeigt sich kein Sprung in den Resultaten bei abnehmender oder zunehmender Beleuchtung, was darauf hindeuten könnte, dass ein anderes oder neues Moment hinzugekommen wäre, in dem die Entstehung der Inductions-farbe ihren Grund hätte.

Ueberall, wo ungleichfarbige Flächen im Sehfelde aneinander grenzen, wird der Streit zwischen dem Contraste und der Induction ausgekämpft.

Unter häufigst vorkommenden Verhältnissen wird der Contrast siegreich, bisweilen sind beide gleichstark, selten aber kommen solche Verhältnisse vor, dass die Induction den Sieg davonträgt.

Die entstandenen Empfindungen müssen auch aus guten Gründen ihrer Art nach als entgegengesetzt charakterisirt werden. Die Ursachen dieser beiden Erscheinungen miteinander verknüpfen zu wollen, wie Aubert es macht, dazu scheint mir kein genügender Grund vorhanden zu sein.



# Ueber die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die Athmung und die Herzthätigkeit.<sup>1</sup>

Von

Dr. J. E. Johansson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

Bei der Muskelarbeit tritt bekanntlich eine Beschleunigung des Pulses und eine Verstärkung der Athmung ein. Für den Zusammenhang des letzteren Phänomens mit der Muskelarbeit kann man, wie Geppert und Zuntz<sup>2</sup> hervorgehoben haben, drei Möglichkeiten a priori annehmen. Erstens: Eine Miterregung des Athemcentrums von höheren Centren findet statt in demselben Momente, wo der motorische Impuls von denselben Centren nach denjenigen Muskeln ausgeht, welche die betreffende äussere Arbeit verrichten. Zweitens: Die Thätigkeit des Athemcentrums wird von sensiblen Reizen beeinflusst, welche bei der Muskelarbeit ausgelöst werden in Gelenken, Sehnen, Haut und den Muskeln selbst. Drittens: Bei der Muskelarbeit werden in den Muskeln selbst gewisse Stoffe gebildet, welche in das Blut übergehen und das Athemcentrum direct reizen. Unter diesen drei Factoren: Miterregung des Athemcentrums, Reflexe und Stoffwechselproducte haben Geppert und Zuntz in der erwähnten Arbeit die Wirkung des letzten Factors experimentell dargelegt. Sie wollen auch erwiesen haben, dass dieser Factor der einzige ist, welcher bei normaler, von Gemüthsbewegungen und sensiblen Reizen unabhängiger Muskelarbeit die Verstärkung der Athmung bewirkt.

Diejenigen Wege zu ermitteln, in denen eine Einwirkung der Muskelarbeit auf die Herzthätigkeit stattfindet, ist eine mehr verwickelte Frage. Theils kommen noch andere wirkende Factoren in Betracht, theils sind die möglichen Angriffspunkte der Factoren mehrere wie bei der Einwirkung auf die Athmung. Die Herzthätigkeit wird zunächst von

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 12. October 1893.

<sup>2</sup> Pflüger's *Archiv*. Bd. XLII. S. 189.

Vorgängen beeinflusst, welche in den Centren der hemmenden und beschleunigenden Herznerven und in den eigenen Centren des Herzens stattfinden. Die bei der Muskelarbeit in Folge von Miterregung und sensiblen Reizen in Betracht kommende Einwirkung auf die Herzthätigkeit wird von den Centren der Herznerven vermittelt. Die Stoffwechselproducte können sowohl auf die Centren der Herznerven, wie auf die eigenen Centren des Herzens einwirken. Die Blutcirculation darf aber nicht nur als Ueberträger der Stoffwechselproducte berücksichtigt werden. Die Muskelarbeit ist nämlich auch von einer Aenderung der mechanischen Circulationsverhältnisse begleitet. Theils findet bei der Muskelarbeit eine Innervation der Gefässe statt, wodurch der allgemeine Blutdruck und folglich auch die Herzthätigkeit beeinflusst wird. Theils können die Muskelbewegungen selbst einen mechanischen Einfluss auf die Herzthätigkeit ausüben. Besonders muss die erwähnte Verstärkung der Athembewegungen berücksichtigt werden.

Von diesen Gesichtspunkten bin ich bei der Anordnung und der Auseinandersetzung der unten zu besprechenden Versuche ausgegangen. Blutdruck und Pulsfrequenz werden nach Einführung einer Canüle in die eine Carotis auf einem Kymografion Ludwig's aufgezeichnet. Die Athemfrequenz und Athemgrösse werden auch aufgeschrieben. Die Thiere sind tracheotomirt. Die Expirationsluft wird mittelst Lovén's Ventilen von der Inspirationsluft getrennt und nach einer Gasuhr geleitet, deren Gang von einem elektromagnetischen Schreibhebel aufgezeichnet wird. Diese Vorrichtung ist der in der erwähnten Arbeit von Geppert und Zuntz angegebenen analog. Die Athemfrequenz wird mittels Marey's Tambouren registriert.

## I.

Ich habe zuerst zu ermitteln gesucht, welche Aenderungen der Herzthätigkeit und der Athmung bei der Muskelarbeit überhaupt stattfinden können, wenn alle oben erwähnten Factoren mitwirken. Die Versuche sind in folgender Weise angeordnet. Das Thier liegt ruhig aufgebunden; Blutdruck und Athemgrösse oder Athemfrequenz werden in oben angegebener Weise aufgeschrieben. Jetzt werden die hinteren Extremitäten losgelassen und abwechselnd kräftig gebeugt und gestreckt. Das Thier wird unruhig, sträubt sich und leistet Widerstand gegen die Beugungen und Streckungen der Hinterbeine. Zuweilen lässt sich das Thier von den Bewegungen der Hinterbeine sehr wenig stören, es verhält sich ziemlich passiv. Das Verhalten des Pulses, des Blutdruckes und der Athmung wird aus den mitgetheilten Versuchstabellen ersichtlich.

Tabelle I.

Versuch I. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- frequenz	Bemerkungen.	
		in 80 Sekunden				
Ruhe	8	126	138	—	Das Thier macht sehr kräftige Bewegungen	
		126	137	59		
		9	125	137		61
10	136		135	64		
	134		145	65		
	Hinterpfoten abwechselnd gebeugt und gestreckt (passiv)	11	137	147		67
137			150	70		
153			151	71		
12	148	149	67			
	138	148	66			
	13	135	144	63		
Ruhe		14	128	143		57
			129	138		55
	128		136	—		
Aether	15	138	132	64		
		141	130	58		
		16	146	128		56
Rückenmark am zweiten Lendenwirbel durchschnitten	17		151	128		53
			57	—		—
		84	132	110		53
Tetanus	18	130	108	61		
		129	111	57		
		129	114	57		
Ruhe	19	129	113	55		
		131	113	55		
		Tetanus	20	124	120	61
122	124			59		
136	105			60		
Spontane Bewegungen des Vorderkörpers	21	150	98	56		
		140	101	59		
		Ruhe	22	138	104	60
134	104			72		
Aether	23			138	96	63
		139	88	61		
		141	88	60		

Tabelle I (Fortsetzung).

Versuch II. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- frequenz	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Ruhe	1	123	98	—	
		123	98	45	
	2	124	98	43	
		123	97	43	
Hinterpfoten abwechselnd gebeugt und gestreckt	3	150	—	64	{ Das Thier macht sehr lebhaft Bewegungen
		155	—	62	
	4	167	—	64	
		—	—	—	
	5	154	160	50	Das Thier ruhig
		161	170	64	{ Lebhaft Bewegungen
6	159	166	55		
	Ruhe	7	148	160	49
134			151	45	
8		127	145	45	
		126	139	45	
		124	138	45	

Im Versuch I verhält sich das Thier während der passiven Bewegungen der Hinterbeine anfangs fast ruhig. Die Puls- und die Athemfrequenz steigen von resp. 126 und 61 bis 137 und 70 in 30 Sec. Dann kommt eine Periode, wo das Thier selbst lebhaft Bewegungen ausführt und sofort findet eine beträchtliche Steigerung der Pulsfrequenz bis 153 statt, welche dann allmählich zurückgeht, als das Thier sich wieder beruhigt.

Im Versuch II fängt das Thier gleich nach dem Loslassen der Hinterbeine an sich zu sträuben und eine beträchtliche Pulssteigerung findet auch sofort statt, von 123 bis 167 in 30 Sec. Während einer dazwischenkommenden Periode verhältnissmässiger Ruhe von Seiten des Thieres sinkt die Pulsfrequenz bis 154, um dann sofort zu steigen, sobald das Thier sich wieder zu bewegen anfängt.

Die Werthe, welche die Pulsfrequenz in diesen Versuchen während der Perioden activer Bewegung beträgt, sind sehr hoch. Auch wenn das Thier eine so eingreifende Operation wie Durchtrennung des Rückenmarkes erlitten hat, sind gleichwohl spontane Bewegungen des Vorderkörpers von einer ebenso beträchtlichen Pulssteigerung begleitet, wie

es aus dem Vers. I ersichtlich ist, wo die Pulsfrequenz unter diesen Verhältnissen von 122 bis 150 steigt.

In den in Tabelle II mitgetheilten Versuchen wird auch die Athemgrösse angegeben.

Tabelle II:

Versuch V. Kaninchen 3150 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Ruhe	2	123	131	—	Das Thier macht leb- hafte Bewegungen
		124	132	1020	
	3	124	132	1050	
		126	132	1060	
	4	126	131	1100	
126		131	1090		
Hinterpfoten losgelassen	5	127	134	1090	
Hinterpfoten gebeugt und gestreckt (passiv)	6	145	148	1230	
		150	156	1390	
	7	152	160	1410	
		150	160	1420	
	153	158	1430		
Ruhe	8	138	138	1330	
		127	136	1190	
	9	123	133	1180	
		124	132	1170	
	10	124	132	1190	
		126	131	1190	
	11	127	131	1190	
		126	131	1190	

Versuch VI. Kaninchen 2200 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

Ruhe	3	133	140	1160	Das Thier macht leb- hafte Bewegungen
		133	140	1160	
	4	135	140	1170	
		134	140	1170	
	5	131	139	1170	
Hinterpfoten losgelassen		136	140	1160	
Hinterpfoten gebeugt und gestreckt (passiv)	6	147	151	1230	
		160	164	1330	
	7	168	163	1410	
		167	163	1390	
	8	162	160	1320	

Tabelle II (Fortsetzung).

## Versuch VI (Fortsetzung).

	Minuten	Puls-	Mittlerer	Athem-	Bemerkungen.
		frequenz	Blutdruck	grösse	
		in 30 Sekunden			
Ruhe	{	9	162	157	1260
		155	148	1210	
		152	142	1160	
		10	154	148	1160
		—	—	—	—
		14	146	186	1190
		146	185	1110	
		—	—	—	—
		18	145	133	1080
		—	—	—	—

## Versuch VII. Kaninchen 1870 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotia.

Ruhe	}	27	133	119	475	Das Thier macht leb- hafte Bewegungen, be- sonders anfangs
			133	119	480	
		28	132	119	—	
			132	119	475	
		29	132	119	520	
			132	118	545	
		30	156	175	700	
			170	190	815	
		31	169	182	790	
			163	183	790	
Hinterpfoten gebeugt und gestreckt (passiv)	}	32	158	179	820	
			148	173	880	
		33	147	172	910	
			144	165	780	
		34	140	163	840	
			139	162	810	
		35	136	133	700	
			136	130	680	
		36	135	120	615	
			—	—	—	
Ruhe	}	39	135	110	530	
			136	110	525	
		—	—	—	—	
		54	138	104	475	
			139	101		
		55	138	101	480	
			138	100		
		56	138	100		
			137	102		

## Tabelle II (Fortsetzung).

## Versuch VII (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Hinterpfoten gebeugt und gestreckt	57	158	158	880	Lebhafte Bewegungen
Ruhe	58	155	140	730	
		153	127	685	
		145	119	645	
	59	146	113	575	
		143	110	520	
	60	143	109	555	
		140	109	520	
	—	—	—	—	
	70	135	99	445	
		135	98		

## Versuch XVI. Kaninchen 2200 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

Ruhe	{	5	111	112	862			
			112	113	905			
		6	111	113				
			112	115	885			
		7	111	115				
		111	116	860				
Hinterpfoten losgelassen		8	106	118	830			
Hinterpfoten abwechselnd gebeugt und gestreckt (passiv)	{		131	134	1154		Lebhafte Bewegungen	
		9	115	130	1011		{	Das Thier ruhig
			114	128	876			
		10	113	132	738			
Ruhe	{		108	124	645			
		11	105	120				
			107	121	645			
		12	112	120				
				114	119	745		

## Versuch XVIII. Kaninchen 2400 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

Ruhe	5	132	115	914
		131	116	
	6	130	115	871
		131	117	

Tabelle II (Fortsetzung).

Versuch XVIII (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
	in 30 Sekunden				
Hinterpfoten abwechselnd gebeugt und gestreckt (passiv)	7	132	117	1020	Das Thier bewegt sich, aber nur sehr wenig
		134	129	1176	
	8	134	133	1155	
		138	144	1087	
	9	138	149	1060	
		139	155	1075	Das Thier fast ruhig
	10	138	156	1068	
		136	160	952	
	11	136	156	943	
		131	158	862	
Ruhe	12	133	160	893	
		132	164	935	
	13	133	166	905	
		130	150	643	
	14	125	145	555	
		124	140	520	
	15	123	137	543	
		122	134	492	
	—	—	—	—	
	20	128	123	570	
	128	123			
Hinterpfoten abwechselnd gebeugt und gestreckt (passiv)	—	—	—	—	
	25	129	125	520	
		130	127		
	26	129	126	1020	
		136	162		
	27	141	164	1087	Lebhafte Bewegungen
		143	161	1070	
	28	140	167	1087	Die Bewegungen weniger lebhaft
		137	171	980	
	29	138	175	1030	
	135	153	724		
Ruhe	30	131	144	580	
		128	141	525	



Tabelle II (Fortsetzung).

Versuch XVIII (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Ruhe	{	81	126	138	520
			125	133	
		82	125	132	
		—	—	—	474
		87	128	132	
			127	130	

## Versuch XIX. Kaninchen 1790 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

Ruhe	{	6	130	124	488	{	
			129	125			
		7	130	124			
			129	124			
Hinterpfoten losgelassen		8	130	103	637		
Hinterpfoten gebeugt und gestreckt (passiv)	{		142	117	700	{	Lebhafte Bewegungen
		9	151	181	820		
			152	144	970		
		10	152	139	1008		
			147	146	926		
	{	11	150	148	952	{	Die Bewegungen weniger lebhaft
			143	150	823		
		12	144	145	760		
			139	138	680		
		13	133	133	585		
Ruhe	{		130	132	523	{	
		14	128	131	540		
			128	129			
		15	126	127			
		—	—	—	—		
		18	125	119	440		
			125	117			
19	124	119					
		125	119				

In den Versuchen, welche in Tabelle II mitgeteilt werden, findet man dieselbe Steigerung der Pulsfrequenz wie in den Versuchen I und II, um so beträchtlicher, je lebhaftere Bewegungen das Thier selbst ausführt. Gleichzeitig mit der Pulsbeschleunigung findet auch eine beträchtliche

Steigerung des Blutdruckes und der Athemgrösse statt. In Versuch VII sinkt die Pulsfrequenz allmählich von dem hohen Werthe 170 in 30 Sekunden, den dieselbe bei den ersten Bewegungen des Thieres erreicht hat. Die Beugungen und Streckungen der Hinterpfoten gehen jedoch immer fort, das Thier aber scheint sich allmählich daran zu gewöhnen, es sträubt sich immer weniger. Auch der Blutdruck und die Athemgrösse nehmen während dieser Periode ab, aber nicht in dem Grade, wie die Pulsfrequenz. Erst bei dem Aussetzen der Bewegungen der Hinterpfoten sinken jene Grössen schnell herab. Wenn das Thier selbst keine activen Bewegungen ausführt, scheinen offenbar die passiven Bewegungen der Hinterpfoten weniger auf die Pulsfrequenz wie auf den Blutdruck und die Athemgrösse zu wirken. Dasselbe Verhalten der Pulsfrequenz, des Blutdruckes und der Athemgrösse geht auch aus den Versuchen XVI, XVIII, XIX hervor, wenn auch nicht so deutlich, wie in Vers. VII (siehe Tabelle III Seite 10).

In Tabelle III werden die in Tabelle I und II mitgetheilten Versuche zusammengestellt.<sup>1</sup> Wie aus diesen Versuchen ersichtlich ist, treten die beträchtlicheren Steigerungen der Pulsfrequenz wie auch die des Blutdruckes und der Athemgrösse nur gleichzeitig mit willkürlichen Bewegungen des Thieres auf. In diesen Fällen beträgt die Steigerung der Pulsfrequenz 8 bis 28% und die der Athemgrösse 14 bis 104%. Wenn dagegen das Thier sich ruhig verhält, beträgt die Steigerung resp. 3 bis 8% und 8 bis 13%. Die sensiblen Reize, welche von den passiven Bewegungen der Hinterbeine bedingt werden, können also nicht allein für sich die höchsten Pulsbeschleunigungen bewirken.

Man könnte sich vorstellen, dass die bei den passiven Bewegungen in den Muskeln stattfindenden sensiblen Reize nicht so kräftig sind, wie in den Fällen, wo das Thier selbst seine Muskeln spannt. Wie Kleen<sup>2</sup> erwiesen hat, ist doch die mechanische Reizung der Muskeln nur von geringer Einwirkung auf die Pulsfrequenz.

Man darf also aus dieser Auseinandersetzung folgern, dass bei derjenigen Pulsbeschleunigung, welche eine willkürliche Muskelbewegung begleitet, die in Folge sensibler Reize ausgelösten Reflexe nicht der wirksamste Factor sind. Um die Bedeutung der Reflexe ganz für sich zu ermitteln, muss man den Einfluss des Grosshirns ausschliessen. Derartige Versuche habe ich noch nicht ausgeführt.

---

<sup>1</sup> Die Steigerung der Pulsfrequenz und der Athemgrösse wird theils absolut, theils procentisch angegeben.

<sup>2</sup> *Dieses Archiv.* Bd. I. S. 247.

Tabelle III.

Versuch	Ruheperiode		Passive Bewegungen der Hinterfüßen, das Thier ruhig oder bewegt sich nur wenig						Steigerung				Bemerkungen	
	Pulsfrequenz	Athem- grösse ccm	Pulsfrequenz			Athem- grösse ccm	Mittlerer Blutdruck mm	der		der				
			Max.	Min.	Mittel			Pulsfrequenz %	Athemgrösse %	des Blut- druckes mm				
I. Kaninchen XVI. Kaninchen 2200 g XVIII. Kaninchen 2400 g	126 111 131	— 870 890	137 115 116	137 181 139	134 113 181	136 118 135	— 945 1005	144 131 150	10 7 4	8 6 3	— 75 115	— 8 13	7 16 34	{ Nach der Operation.
Das Thier macht kräftige Bewegungen.														
I. Kaninchen	126	—	137	153	—	—	—	151	27	21	—	—	14	
II. Kaninchen	122	—	124	150	136	143	—	102	21	17	—	—	22	
V. Kaninchen 8150 g	128	—	98	167	150	158	—	165	35	28	—	—	67	
VI. Kaninchen 2200 g	125	1060	131	153	145	150	1375	156	25	20	315	30	25	
VII. Kaninchen 1870 g	133	1170	140	168	147	161	1335	160	27	20	165	14	20	
XVIII. Kaninchen 2400 g	132	505	119	170	139	153	815	177	21	16	310	61	58	
XIX. Kaninchen 1790 g	138	480	101	158	—	—	880	158	20	14	400	82	57	
XIX.	129	520	126	143	136	140	1060	162	11	8	540	104	36	
XIX.	129	490	124	152	142	149	885	135	20	15	395	80	11	

## II.

Ich gehe jetzt zur Besprechung derjenigen Versuche über, in welchen ich die isolirte Einwirkung der erwähnten Stoffwechselproducte untersucht habe. Es soll zuerst ermittelt werden, ob die durch tetanisirende Reizung künstlich hergestellte Thätigkeit der von ihrem Zusammenhang mit dem centralen Nervensystem getrennten Muskeln auch mit einer Pulsbeschleunigung einhergeht.

Die Thiere werden mit Chloroform, Aether oder Chloral betäubt. Das Rückenmark wird zwischen den letzten Brustwirbeln oder in der Lendenregion vollständig durchschnitten und in das periphere Stück wird ein Electrodenpaar von einem Schlitteninductorium eingeführt. Die Muskeln der hinteren Extremitäten können in dieser Weise von Zeit zu Zeit tetanisirt werden. Blutdruck, Pulsfrequenz und Athemgrösse werden in oben angegebener Weise aufgeschrieben.

In meinen ersten Versuchen erwies sich der Einfluss der künstlichen Muskelthätigkeit auf die Pulsfrequenz als unbedeutend und sehr unsicher. Nach den Erfahrungen bei spontaner Muskelarbeit und den Ergebnissen der von Geppert und Zuntz ausgeführten Versuche betreffs der Athmung hätte man eine Steigerung der Pulsfrequenz erwartet. Im Gegentheil findet man, wie in Versuch I (Tab. I), eine Abnahme der Pulsfrequenz während der Tetanusperioden. Die Athmung wird dagegen gesteigert, wie die Vermehrung der Athemfrequenz anzeigt. In den Versuchen A, B, C (Tab. XIV), welche weiter unten näher besprochen werden, ist die Pulsverlangsamung während der Tetanusperioden sehr beträchtlich, was offenbar mit der erheblichen Blutdrucksteigerung im Zusammenhang steht. Es erwies sich aus diesen Versuchen als nothwendig, die Rückenmarkdurchschneidung nicht oberhalb der Lendenregion auszuführen, damit man beim Tetanisiren grössere Blutdrucksteigerungen umgehen könnte.

Ein anderer Uebelstand rührt von der Betäubung des Thieres bei der Rückenmarksoperation her. Der Aether, welchen ich in den meisten Versuchen angewendet habe und der sich im Allgemeinen als zweckmässig erwiesen hat, beschleunigt in erheblichem Grade die Pulsfrequenz.<sup>1</sup> Man muss also das Vorübergehen der Aetherwirkung abwarten, ehe man die Tetanisirungen ausführt. Dieses Verfahren hat andererseits den Nachtheil, dass das Thier während der Tetanusperioden sehr leicht beunruhigt wird.

---

<sup>1</sup> Vers. I (Tab. I) liefert ein Beispiel dieser Aetherwirkung, welche ich in einer besonderen Arbeit besprechen werde.

Bei der Anwendung von Chloral muss man sehr vorsichtig sein, weil dieses Mittel den Blutdruck herabsetzt; und da die Aufgabe vorliegt, die Wirkung eines Eingriffes auf die Pulsfrequenz zu untersuchen, darf man nicht den Blutdruck unter eine gewisse Grenze sinken lassen.

Es hat sich weiter als sehr wichtig erwiesen, den Verhältnissen bei der spontanen Muskelarbeit in der Beziehung nachzuahmen, dass man Contraction und Erschlaffung der Muskeln abwechseln lässt. In den ersten Versuchen, z. B. Vers. I, wurde das periphere Stück des Lendenmarkes eine Minute hindurch ununterbrochen tetanisirt. Theils wird dabei die Erregbarkeit des Rückenmarkes vermindert, theils werden die Muskeln ermüdet und in Folge der gleichzeitigen Reizung der Gefässnerven leidet auch die Blutcirculation im ganzen Hinterkörper. In den folgenden Versuchen habe ich daher Tetani von 15 bis 20 Sec. Dauer mit Ruhepausen von 5 bis 10 Sec. abwechseln lassen und habe in dieser Weise die Reizung 5 Minuten und noch länger fortsetzen können.

Tabelle IV.

Versuch III. Kaninchen 1400 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse		Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse
	in 30 Sekunden					in 30 Sekunden			
Ruhe	1	128	139	380	Ruhe	114	131	110	720
Aethernarcose. Rückenmark an 5. Lendenwirbel durchschnitten		129	140	360			130	111	760
	67	—	—	—		115	131	111	720
							129	110	620
						116	129	110	580
	82	137	120	—			128	111	500
		—	—	—			—	—	—
	108	126	109	460		136	129	124	380
Ruhe		126	113	440			128	125	400
	109	126	114	460		137	128	124	400
		126	114	420			128	123	380
	110	126	115	460		138	129	123	400
		126	116	460			128	123	420
						139	129	124	420
Tetanus	111	125	113	520	Tetanus		130	120	440
		131	114	660		140	133	119	560
	112	132	116	720			135	118	600
		130	114	760		141	135	118	600
	113	132	115	760			136	117	580
		130	114	660					

Tabelle IV (Fortsetzung).

Versuch III (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse
	in 30 Sekunden			
Tetanus	142	137	117	540
		135	118	500
	143	137	118	520
		136	118	500
	144	137	117	480
		186	117	480
Ruhe	145	135	118	520
		136	120	520
	146	135	119	500

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse
	in 30 Sekunden			
Ruhe	147	136	121	460
		135	121	480
		134	122	480
	148	134	123	480
		133	125	460
	—	—	—	—
	160	133	126	440
	—	—	—	—
	162	132	127	460

Versuch III, welcher in Tab. IV mitgetheilt wird, ist in der Weise angeordnet, dass die oben erwähnten Uebelstände möglichst vollständig beseitigt werden. Nach der Operation wird das Thier ruhig gelassen, bis die Pulsfrequenz wieder constant ist. Beim Beginn der ersten Reizung ist der Puls 126, also langsamer wie vor der Operation, 128. Die Reizperioden — in diesem Versuch zwei — haben eine Dauer von mehreren Minuten, und die folgende wird nicht angefangen, ehe die Wirkung der vorhergehenden vorüber ist oder wenigstens die Pulsfrequenz sich auf einen constanten Werth eingestellt hat. In den Reizperioden selbst werden in oben erwähnter Weise regelmässige Ruhepausen eingeschaltet. Der Blutdruck steigt nicht während der Reizperioden; im Gegentheil findet eine kleine Senkung desselben statt.

Unter diesen Verhältnissen tritt in der That eine Vermehrung der Pulsfrequenz ein, welche zwar nicht beträchtlich, aber deutlich genug ist. Diese Pulsbeschleunigung fängt nicht gleichzeitig mit dem Tetanus des Hinterkörpers an; erst nach dem Verlauf der ersten 30 Secunden ist dieselbe zu sehen. Nach dem Ende der Reizperioden tritt eine Abnahme der Pulsfrequenz ein.

Die von Geppert und Zuntz dargelegte Steigerung der Athemgrösse bei der künstlichen Muskelthätigkeit ist auch in diesem Versuche zu sehen. Im Vergleich mit der Pulsbeschleunigung ist die Steigerung der Athemgrösse sehr beträchtlich. Bei der ersten Reizperiode steigt die Pulsfrequenz von 126 bis 132, aber die Athemgrösse von 460<sup>ccm</sup> bis 760<sup>ccm</sup> in 30 Sec. Die Steigerung der Athemgrösse fängt auch

beim Beginn der Reizperiode früher an wie die Pulsbeschleunigung und dauert länger fort nach dem Aufhören der Muskelthätigkeit.

In Tab. V, VII, VIII, IX werden noch einige Versuche mitgetheilt, welche in derselben Weise wie Vers. III ausgeführt worden sind. Tab. Va. enthält einen Versuch am Hund; die Versuchsanordnung ist dieselbe wie in den erwähnten Versuchen am Kaninchen.

Tabelle V.

Versuch V.  
Kaninchen 3150 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aethernarcose.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse
		in 30 Sekunden		
Rückenmark am 5. Lenden- wirbel durch- geschnitten	48	—	—	—
Ruhe	68	144	127	1020
		144	126	1030
		143	126	1040
Tetanus	69	148	117	1190
		148	121	1190
	70	151	114	1220
		148	124	1280
	71	149	121	1310
		147	120	1260
	72	143	120	1280
		145	125	1320
	73	146	120	1280
		146	120	1310
	74	145	120	1340
		144	121	1350
Ruhe	75	143	122	1340
		142	120	1290
	76	143	120	1360
		142	120	1380
	77	140	119	1340
		138	124	1280
Ruhe	78	137	125	1280
		136	125	1250
		136	125	1250

Versuch V (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse
		in 30 Sekunden		
Ruhe	79	137	127	—
	101	—	—	—
		133	130	—
Beide Vagi durch- geschnitten	102	133	128	960
	116	—	—	—
		111	167	660
Ruhe	120	110	168	670
	121	111	166	680
		112	165	680
Tetanus	122	117	165	770
		123	158	770
	123	122	162	750
		121	162	750
	124	120	163	760
		122	162	770
	125	119	162	780
		117	164	800
	126	116	165	—

Versuch VI.

Kaninchen 2200 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aethernarcose.

Rückenmark am 4. Lenden- wirbel durch- geschnitten	48	—	—	—
Ruhe	64	146	116	700
	65	144	115	680
		145	115	680

Tabelle V (Fortsetzung).

Versuch VI (Fortsetzung).

Versuch VI (Fortsetzung).

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse		Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	
		in 30 Sekunden					in 30 Sekunden			
Tetanus	66	143	103	770	Tetanus	153	124	88	Künstliche Athmung	
		—	—	860		154	119	102		
	67	151	115	930		155	120	94		
		152	116	930		156	117	103		
	68	152	115	920		157	118	99		
		152	117	900		158	116	105		
	69	151	111	950		159	117	100		
		151	107	1110		160	117	105		
	70	153	108	1070		Ruhe	190	119		81
		153	109	1080			191	118		83
71	155	109	1090	192	118		82			
	72	154	116	1010	193		118	84		
150		118	1000	194	118		82			
73	151	116	930	195	118		84			
	148	116	930	196	121		78			
Ruhe	78	145	114	740	197		125	75		
		143	115	740	198		126	68		
	85	142	118	680	199		—	74		
		142	118	680	200	128	75			
	112	141	109	Künstliche Athmung	201	129	78			
		—	—		202	130	90			
	113	143	107		203	127	90			
		141	107		204	126	90			
	114	144	107		205	127	90			
		148	91		206	126	89			
149	147	98	207		123	92				
	112	95	208		122	91				
150	112	96	209		122	91				
	114	97	210		121	92				
Tetanus	151	115	90	Ruhe	211	120	95			
		117	84		212	120	97			
	152	115	79		213	120	80			
		119	79		214	120	80			
	121	97	215		121	80				

3\*



Tabelle Va.

Hund 4650 g; 3 cg Morphin. Aethernarcose. Tracheotomie. Canüle in der Carotis. Rückenmark am 4. Lendenwirbel durchschnitten.

	Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse		Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse	
		in 30 Sekunden					in 30 Sekunden			
Ruhe	65	37	105	1050	Ruhe	79	39	104	1200	
		37	104				87	106		
	66	38	105				37	107		
		39	105	—		80	40	102	1030	
	67	38	98	—			38	105		
		38	105	1060		81	38	104		
Tetanus	68	38	104	Vagi ab	—	—	—	—		
		38	106		88	36	111			
						36	106			
	69	39	104		1200		105			1080
		42	103		1400		—			
	70	44	104		1560		181	115		
		45	99	Ruhe		115	130	1030		
	71	42	107		1350		182		115	130
		44	108	Tetanus		115	130			
	72	44	106		1300		183	118	122	1080
		42	109					118	126	
	73	42	100		1420		184	118	120	
		41	107					117	132	1030
	74	40	106		1880		185	118	128	
		41	105					118	130	
	75	42	108		1330		186	118	126	1080
		42	107					120	133	
	76	41	106		1050		187	118	135	
		41	106	Ruhe		118	138	1030		
Ruhe	77	42	105		1050		188		114	139
		43	104						114	138
	78	40	105			189	114	139		

Tabelle VI ist eine Zusammenstellung der hierher gehörenden Versuche. In besonderen Reihen wird der Unterschied der Pulsfrequenz und der Athemgrösse vor und während der entsprechenden Reizperiode sowohl in absoluten Grössen, als in Procenten angegeben.

Tabelle VI.

Versuch Nummer	Pulsfrequenz in 80 Sec.				Athemgröße in 80 Sec.				Mittlerer Blutdruck		Reizelektroden bei	Bemerkungen.				
	vor		während	Differenz	vor		während	Differenz	vor				während	Differenz		
	Min	Mittel	%	Min	Mittel	%	Min	Mittel	%	Min			Mittel	%		
III. Kaninchen 1400 g	126	132	130	131	+ 5	4.0	450	680	+ 230	51	114	114	0	5. Lendenwirbel	Künstliche Athmung Vagi durchschnitten	
	128	137	130	136	+ 8	6.0	400	520	+ 120	30	124	118	- 6			
IV. " 2200 g	124	127	116	123	- 1	- 0.8	460	700	+ 240	52	110	106	- 4	4.		"
	113	115	110	112	- 1	- 0.8	—	—	—	—	86	84	- 2	5.	"	
V. " 3150 g	144	151	140	145	+ 1	0.7	1030	1290	+ 260	25	126	121	- 5	4.	"	Künstliche Athmung " " "
	111	123	117	121	+ 10	9.0	670	760	+ 90	13	166	162	- 4			
VI. " 2200 g	145	155	151	152	+ 7	4.8	690	960	+ 270	39	115	112	- 3	4.	"	
	142	148	144	146	+ 4	2.8	—	—	—	—	108	99	- 9			
	112	124	114	118	+ 6	5.0	—	—	—	—	96	93	- 3			
VII. " 1870 g	118	130	121	124	+ 6	5.0	—	—	—	—	83	87	+ 4	4.	"	
	121	124	117	120	- 1	- 0.8	495	540	+ 45	9	82	86	+ 4			
VIII. " 1575 g	120	123	112	119	- 1	- 0.8	450	540	+ 90	20	87	88	- 1	4.	"	Künstliche Athmung " " "
	131	147	138	144	+ 13	10.0	405	775	+ 370	91	117	108	- 9	4.	"	
IX. " 2140 g	131	140	133	139	+ 8	6.0	574	905	+ 331	57	101	90	- 11			
X. " 3420 g	103	109	106	108	+ 5	4.8	—	—	—	—	65	76	+ 11	2.	"	M. glut. 3. Lendenwirbel M. glut.
XI. " 1730 g	117	128	121	125	+ 8	6.8	530	775	+ 245	46	103	92	- 11	3.	"	
XII. " 2400 g	132	136	133	135	+ 3	2.2	365	530	+ 165	44	123	108	- 15	4.	"	
XIII. " 2020 g	96	100	96	98	+ 2	2.0	385	445	+ 60	15	77	71	- 6	3.	"	" " "
XIV. " 1790 g	102	104	101	104	+ 2	2.0	330	417	+ 87	26	89	80	- 9			
XV. " 2400 g	108	119	110	118	+ 10	9.0	470	580	+ 110	23	151	140	- 10			
XVI. " 2000 g	114	117	114	116	+ 2	1.7	465	540	+ 85	18	128	129	+ 1			
XVII. " 2020 g	141	142	139	141	0	—	540	760	+ 220	45	114	108	- 11			
XVIII. " 1810 g	117	122	118	120	+ 3	5.5	535	648	+ 113	21	104	90	- 14			
XIX. " 2000 g	145	153	148	150	+ 5	3.4	595	717	+ 122	20	100	100	0			
XX. " 1990 g	153	157	156	156	+ 3	1.9	480	596	+ 116	24	110	101	- 9			
XXI. " 2070 g	114	120	115	119	+ 5	4.8	480	580	+ 100	21	87	91	+ 4	5. Lendenwirbel	Vagi durchschnitten	
XXII. " 2070 g	109	112	110	111	+ 2	1.8	495	640	+ 145	29	100	94	- 6	4.		"
XXIII. " 2070 g	108	115	108	113	+ 5	4.5	360	450	+ 90	25	132	126	- 6	5.		"

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die künstliche Muskelthätigkeit eine, wenn auch nur geringe, Steigerung der Pulsfrequenz bewirkt. Die Fälle, wo die in Tab. VI angegebenen Differenzen der Pulsfrequenz negativ sind, was eine Abnahme der Pulsfrequenz während der entsprechenden Reizperiode angiebt, sind nur wenige; und auch in diesen Fällen findet im Anfang der Reizperiode eine, wenn auch nur vorübergehende Steigerung der Pulsfrequenz statt. Es kommt in mehreren Fällen vor, dass die Pulsfrequenz nach einer Steigerung schon während der Reizperiode sinkt. In Versuch V Tab. V sinkt die Pulsfrequenz von 149 bis 140, was wahrscheinlich mit dem Vorübergehen der Aetherwirkung in Zusammenhang steht. In Vers. IV Tab. VII steigt die Pulsfrequenz im Anfang der Reizperiode von 124 bis 126 und 127, beharrt auf diesem Werthe 3 Minuten, fängt dann an zu sinken und beträgt beim Aufhören des Tetanus nur 116. In diesem Falle darf man annehmen, dass die Aetherwirkung am Anfang der Reizperiode vorüber ist, da der Aether schon eine Stunde vorher ausgesetzt worden ist. Die während der Reizperiode stattfindende Senkung der Pulsfrequenz ist also auf andere Factoren zu beziehen. Vielleicht rührt dieser Vorgang von Abkühlung des Thieres oder von anderen im Verlaufe des Versuches sich herausbildenden Veränderungen innerhalb des Thieres her. Welche auch diese Factoren seien, durch dieselben kann eine etwaige von der Muskelthätigkeit herrührende Pulsbeschleunigung verdeckt werden. Man darf also nicht aus den Fällen, wo die Tetanusperioden von keiner oder nur sehr unbedeutender Pulsbeschleunigung gefolgt sind, schliessen, dass die künstliche Muskelthätigkeit die Pulsfrequenz nicht beeinflusst.

Die Athemgrösse wird in viel höherem Grade wie die Pulsfrequenz von der künstlichen Muskelthätigkeit gesteigert. Die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die Athmung wird auch nicht so leicht von störenden Einflüssen verdeckt. In denjenigen Fällen, wo die Pulsfrequenz während der Reizperiode abnimmt, geht die Steigerung der Athmung nicht zurück.

### III.

In welcher Beziehung steht diese während der Reizungen stattfindende Pulsbeschleunigung zu der Muskelthätigkeit? Ist dieselbe durch Einwirkung gewisser in den Muskeln gebildeter und vom Blutstrom mitgeschleppter Stoffe vermittelt oder ist eine Einwirkung auf anderen Wegen denkbar? Mir scheint es, dass drei andere Möglichkeiten hier in Frage kommen können.

Erstens findet bei den Reizungen eine Verschiebung der Haut

und eine Spannung der Gewebe im Allgemeinen statt. Demzufolge wird an der Grenze des durch den Rückenmarksnchnitt anästhetisch gewordenen Gebietes ein sensibler Reiz ausgeübt. Obschon also die Reizelektroden unterhalb des das Rückenmark durchtrennenden Schnittes angebracht sind, könnte in dieser Weise ein Reflex auf die beschleunigenden Herznerven ausgelöst werden.

Zweitens könnte die Verstärkung der Athmung, welche eine constante Folge der Muskelthätigkeit ist, eine Beschleunigung der Herzthätigkeit herbeiführen.

Drittens könnte die Pulsbeschleunigung eine Folge derjenigen Schwankungen des Blutdruckes sein, welche von der Miterregung der Gefässnerven herrühren.

Den ersteren von diesen Factoren kann man kaum ausschliessen. Der obigen Erörterung gemäss darf man nicht während der Reizungen die Aethernarcose fortdauern lassen. Die Narcose selbst würde übrigens nicht dafür Gewähr leisten, dass nicht der fragliche Reiz auf die herzbeschleunigenden Nerven einwirkt.

Um den Einfluss der erwähnten sensiblen Reize zu würdigen, habe ich in einigen Versuchen theils vor, theils nach den eigentlichen Reizungen mit Tetanusperioden von 10 bis 20 Secunden einige höchstens  $\frac{1}{2}$  Secunde dauernde Reizungen mit Intervallen von 2 bis 5 Secunden ausgeführt. Bei diesen kurzen Zuckungen ist die Hautverschiebung und Spannung der Gewebe dieselbe wie bei den Tetanusperioden von längerer Dauer, wird aber in jenem Falle häufiger wiederholt. Die Menge der von der Muskelthätigkeit abhängigen Stoffe ist dagegen grösser im letzten Falle. Wenn also die kurzen Zuckungen ebenso grossen Einfluss auf die Pulsfrequenz haben wie die Tetanusperioden, so ist die betreffende Pulsbeschleunigung mit grösserer Wahrscheinlichkeit den sensiblen Reizen wie den in den Muskeln gebildeten Stoffen zuzuschreiben. Wenn dagegen die Tetanusperioden unter übrigens gleichen Verhältnissen einen entschieden beträchtlicheren Einfluss auf die Pulsfrequenz ausüben wie die kurzen Zuckungen, so muss man diesen Einfluss auf die Stoffwechselproducte beziehen. In der That ist letzteres der Fall, wie aus den in Tab. VII und VIII mitgetheilten Versuchen ersichtlich ist.

In Versuch IV (Tab. VII) beharrt die Pulsfrequenz während der kurzen Zuckungen unverändert auf demselben Stand, 124 bis 125, wie vorher. Die Athemgrösse steigt etwas, von 450 bis 510 <sup>ccm</sup>. Während der Tetanusperiode steigt dagegen die Pulsfrequenz von 124 bis 126 und 127 und die Athemgrösse von 460 bis 750.

In Vers. VIII (Tab. VIII) steigt zwar die Pulsfrequenz in Folge

Tabelle VII.

Versuch IV. Kaninchen 2200 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aether-narcose. Rückenmark am 4. Lendenwirbel durchschnitten.

in 30 Sekunden					in 30 Sekunden				
Ruhe					Ruhe				
Kurze Reizungen alle 5 Sekunden					Ruhe				
Ruhe					Tetanus 20 Sekunden Ruhepausen 10 Sekunden abwechselnd				
Tetanus 20 Sekunden Ruhepausen 10 Sekunden abwechselnd					Ruhe				

Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse	Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse
50	125	113	430	70	116	110	740
	125	114	430		115	111	710
51	125	114	450		115	112	680
	124	114	450	71	118	113	680
52	125	114	450		113	113	700
	125	113	450	72	113	112	700
					—	—	—
53	124	108	500	78	114	110	610
	125	112	500		115	109	610
54	124	113	500				
	124	113	510	140	113	86	
55	125	116	510		113	86	
	124	115	510	141	114	86	
					113	86	
56	125	112	490	142	113	85	
	124	113	460		113	85	
60	123	110					
	123	110	460	143	112	84	
61	124	109	460		114	77	
	124	110	460	144	114	73	
					115	74	
62	124	103	590	145	114	76	
	124	94	600		115	77	
63	126	102	620	146	114	79	
	126	93	680		115	81	
64	127	104	680	—	—	—	
	127	108	730	150	113	81	
65	127	108	750	—	—	—	
	126	114	710	155	110	91	
66	126	109	680				
	123	110	670				
67	122	113	750	157	108	88	
	120	113	750	—			
68	—	110	750	169	107	92	
	117	111	750				
69	116	111	740				

Das Thier kann auch spontan atmen.

Künstliche Athmung.

Künstliche Athmung.  
Das Thier kann auch spontan athmen.

Tabelle VIII.

Versuch VIII. Kaninchen 1575 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis,  
Aethernarcose. Rückenmark am 4. Lendenwirbel durchschnitten.

	Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse		Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem-grösse
		in 30 Sekunden					in 30 Sekunden		
Ruhe	34	130	108		Tetanus 20 Sekunden Ruhepausen 10 Sekunden abwechselnd	68	138	117	555
		125	110			146	104	775	
		126	110			69	147	103	850
		126	110			145	105	855	
		127	110			70	142	106	820
	36	128	111	305		—	108	840	
		128	110	300	71	—	108	740	
	37	130	110	305	Ruhe	—	—	—	675
		130	110	310		—	—	—	—
	Kurze Reizungen alle 5 Sekunden	38	130	109		320	85	128	113
132			107	350		—	—	—	—
39		133	107	420		91	131	108	480
		133	103	415		—	—	—	—
40		133	110	400		100	134	103	460
		134	111	395		—	—	—	—
41		134	112	445		110	128	102	574
42	130	112	385			131	101		
	130	114	345	111	131	100			
	130	114	335						
Ruhe	43	128	116	365	Tetanus 20 Sekunden Ruhepausen 10 Sekunden abwechselnd	112	133	98	900
		130	117	340		119	89		
	—	—	—	113		140	88	900	
	65	130	117	375			140		87
		131	117	415		114	140	88	
	66	131	117	405			139	90	938
		127	118	395		—	140	91	
	67	130	118	405				862	
		134	116	430	115				

der kurzen Zuckungen von 130 bis 134 und die Athemgrösse von 310 bis 445. Die folgende Tetanusperiode geht aber mit einer noch beträchtlicheren Steigerung der beiden Grössen einher, von resp. 134 bis 147 und von 430 bis 850.

Um den Einfluss der erwähnten sensiblen Reize möglichst zu vermeiden, habe ich in einigen Versuchen die Reizelectroden nicht in

den peripheren Rückenmarksstumpf, sondern beiderseits in die Mm. glutaei eingeführt. Das Rückenmark wird hoch oben in der Lendenregion durchschnitten. Auch bei dieser Versuchsanordnung tritt eine Steigerung der Pulsfrequenz bei Tetanus der genannten Muskeln hervor, wie in Vers. XVII (Tab. IX) und XVIII, XX (Tab. VI) zu sehen ist.

Tabelle IX.

Versuch XVII. Kaninchen 2400 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis, Aethernarcose. Rückenmark am 3. Lendenwirbel durchschnitten, ein Elektrodenpaar jederseits im Mm. glut. eingeführt.

	Minuten nach Rückenmarksschnitt	Pulsfrequenz	Mittlerer Blutdruck		Athemgrösse		Minuten nach Rückenmarksschnitt	Pulsfrequenz	Mittlerer Blutdruck		Athemgrösse
			in 30	Secunden					in 30	Secunden	
Ruhe	46	107	149	} 495	Tetanus	}	55	119	125	640	
	47	109	152				} 463	118	130	} 640	
		108	151	119				138			
	48	108	152	117			143	} 562			
Tetanus	49	109	152	} 520	Ruhe	}	56		115	146	} 490
	50	110	151				} 535	57	114	147	
		114	144	118				147	} 540		
	51	115	143	} 585			58	111		146	} 515
		116	140				110	145			
	52	119	140	} 560			59	110	144	} 540	
		118	142				109	143			
	53	119	136	} 585			70	111	134	} 515	
54	119	140	} 560		71	111	135				

Tab. IXa. enthält einen Versuch am Hund. Das Thier hat Morphin und Chloroform bekommen und ist tief narcotisiert während des ganzen Versuches. Sensible Reize wie Kneifen der Schnauze oder der Vorderpfoten üben keine Wirkung weder auf die Pulsfrequenz noch auf den Blutdruck aus. Tetanus des Hinterkörpers bewirkt wie gewöhnlich eine Steigerung der Pulsfrequenz. Da die erwähnten sensiblen Reize des Vorderkörpers für die Pulsfrequenz erfolglos gewesen sind, darf man annehmen, dass auch die von dem Tetanus des Hinterkörpers herrührenden sensiblen Reize die Pulsfrequenz unbeeinflusst gelassen haben. Die Steigerung der Pulsfrequenz ist also auf die Stoffwechselproducte aus den tetanisirten Muskeln zu beziehen.

Tabelle IXa.

Hund 9 Kilo. 8 cg Morphin, Chloroformnarcose. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Vagi abgeschnitten. Rückenmark am 2. Lendenwirbel durchschnitten. Die Registrierung fängt etwa 1 Stunde nachher an. Das Thier ist die ganze Zeit tief narcotisiert.

	Mi- nuten	Puls- frequenz in 30 Sekunden	Mittlerer Blutdruck		Mi- nuten	Puls- frequenz in 30 Sekunden	Mittlerer Blutdruck
Ruhe	15	107	116	Sens. Reize	33	109	118
		106	114			110	118
	16	106	117		34	110	119
Sens. Reize		107	115	Ruhe		109	119
	17	106	115		35	110	119
		107	115			111	119
Ruhe	18	107	117	Tetanus	36	111	118
		107	117			110	115
	19	106	118		37	111	113
Tetanus		107	119			112	110
	20	107	118		38	112	110
		106	118	Ruhe		113	114
Ruhe	21	107	119		39	114	113
		108	118			114	116
Tetanus	22	107	117	Tetanus	40	114	124
		109	113			118	131
	23	109	110		41	113	126
Ruhe		110	111	Ruhe		113	125
	24	110	110		42	113	122
		111	110			112	—
Tetanus	25	111	111	Tetanus	43	111	123
		112	110			111	122
	26	112	114		44	112	122
Ruhe		111	116	Tetanus		111	124
	27	110	118		45	113	119
		111	117			113	116
Tetanus	28	109	117	Ruhe	46	115	118
		110	118			114	125
	29	109	117		47	116	126
Ruhe		110	120	Tetanus		117	118
	30	110	118		48	116	117
		110	117			115	121
Tetanus	31	109	116	Ruhe	49	114	124
		109	117			114	127
	32	109	117		50	114	124



## IV.

Um die Bedeutung darzulegen, welche die von den Muskeln herührenden Stoffwechselproducte für das Zuwebringen der bei der künstlichen Muskelarbeit stattfindenden Pulsbeschleunigung haben, habe ich auch dasselbe Verfahren angewendet wie Geppert und Zuntz bei ihrer Untersuchung betreffs der unter denselben Verhältnissen eintretenden Steigerung der Athemgrösse. Die Muskeln des Hinterkörpers werden tetanisirt theils nach Aufheben des Blutstroms im ganzen Hinterkörper, theils unter normalem Verhalten des Blutstroms und die in den beiden Fällen stattfindenden Aenderungen der Pulsfrequenz bezw. Athemgrösse werden miteinander verglichen. Zu diesem Zwecke wird zuerst die Bauchhöhle geöffnet und je ein Ligaturstäbchen auf der Bauchorta und der Vena cava inf. kurz oberhalb ihrer Theilung angebracht, wonach die Bauchwunde bis auf das Loch für die Ligaturstäbchen zugenäht wird.

Versuch XII (Tab. X) ist in dieser Weise angeordnet. Die erste Reizperiode ist ohne Beeinträchtigung des Blutstroms ausgeführt. Gleich am Anfang macht das Thier einige Bewegungen mit den Vorderpfoten und giebt Zeichen einer Vagusreizung, wahrscheinlich in Folge sensibler Reize. In einer halben Minute wird das Thier wieder ruhig. Im Verlaufe der Reizperiode steigt die Pulsfrequenz und die Athemgrösse wie in den vorigen Versuchen, nach dem Aufhören des Tetanus aber gehen diese Steigerungen zurück. Vor dem Anfang der zweiten Reizperiode werden Bauchorta und Vena cava inf. verschlossen. Das Thier giebt wie im vorigen Falle einige Zeichen von Unruhe, aber nur vorübergehend. Während dieser Reizperiode ist keine Steigerung weder der Pulsfrequenz noch der Athemgrösse zu sehen. Der Tetanus hört auf und die Ligatur der Gefässe wird nachgelassen. Der Blutdruck sinkt sofort — ein Zeichen, dass die Gefässe noch wegsam sind. Jetzt steigen die Pulsfrequenz und die Athemgrösse. Nach einiger Zeit hat der Blutdruck fast den vorigen Werth erreicht und die Steigerung der Pulsfrequenz wie die der Athemgrösse ist zurückgegangen. (Siehe Tab. X.)

Vers. XVIII (Tab. XI) giebt dasselbe Resultat wie Vers. XII. Bei normalem Verhalten des Blutstroms steigt, wie gewöhnlich, die Pulsfrequenz und die Athemgrösse in Folge des Tetanus. Es findet zwar eine nicht unbeträchtliche Abnahme der Pulsfrequenz nach der Steigerung statt — ein Ereigniss, welches ich schon erwähnt habe. Während des Aufhebens des Blutstromes im Hinterkörper ist aber vom Tetanus kein Einfluss auf die Pulsfrequenz und die Athmung zu sehen.

Tabelle X.

Versuch XII. Kaninchen 8420 g. Chloral 0,85 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Rückenmark zwischen dem 8. und 4. Lendenwirbel durchschnitten. Ligaturstäbchen auf der Aorta und Vena cava inf.

		Minuten nach Rückenmark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.	
		in 80 Sekunden					
Ruhe	{	65	116	104	586	Bewegung des Vorderkörpers.	
		—	—	—	—		
		—	117	108	587		
		68	117	104	—		
Tetanus	{	—	117	108	525		
		69	113	88	690		
		—	121	87	730		
		70	123	92	745		
		—	125	93	750		
		71	126	98	815		
		—	125	95	830		
		72	126	95	805		
		—	128	94	830		
		73	128	93	770		
		—	128	92	790		
		Ruhe	{	74	130		89
—	128			93	770		
75	127			94	780		
—	127			96	745		
—	—			—	—		
81	121			98	—		
—	121			100	675		
—	—			—	—		
95	123			95	575		
—	—			—	—		
Tetanus	{	—	122	96	—		
		103	122	95	565		
		—	122	96	—		
		104	122	94	560	Aorta u. Vena cava verschlossen.	
		—	123	87	—		
		105	120	94	515		
		—	122	95	500		
		106	118	92	555	Bewegung des Vorderkörpers.	
	{	—	121	97	525		

Tabelle X (Fortsetzung).

	Minuten nach Rückenmark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
	in 30 Sekunden				
Tetanus	107	121	98	540	Bewegung des Vorderkörpers.
		121	98	560	
	108	121	98	565	
		121	96	525	
	109	121	96	520	
		120	95	585	
Ruhe	110	121	94	525	Aorta u. Vena cava geöffnet.
		120	94	510	
	111	120	75	525	
		125	67	550	
	112	126	64	540	
		126	65	540	
	113	126	65	545	
	—	—	—	—	
	120	128	77	590	
		123	75	—	
	—	—	—	—	
	125	121	78	575	
	121	81			
—	—	—	—		
132	118	90	525		
	118	89			

Die Athemgrösse nimmt unmittelbar nach dem Zuklemmen der Gefässe ab. Beim Loslassen der Ligaturen tritt sofort eine deutliche Steigerung sowohl der Pulsfrequenz wie der Athemgrösse ein. In diesem Versuche wird auch eine Verschliessung der betreffenden Gefässe ohne nachfolgenden Tetanus ausgeführt. Beim Nachlassen der Ligaturen findet auch in diesem Falle eine Steigerung der Pulsfrequenz statt. Diese Steigerung ist doch nicht so beträchtlich wie in den Fällen, wo die Muskeln während der Compression der betreffenden Gefässe tetanisirt worden sind. Die Athmung wird dagegen vom Oeffnen der Gefässe ganz unbeeinflusst, wenn ein Tetanus nicht vorhergegangen ist. (Siehe Tab. XI, Seite 47 und 48.)

In Tab. XIX wird auch ein hierher gehörender Versuch mitgetheilt.

Tabelle XL.

Versuch XVIII. Kaninchen 2020 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aethernarcose. Rückenmark zwischen dem 2. und 3. Lendenwirbel durchschnitten. Ligaturstäbchen auf Aorta und Vena cava. Reizelektroden beiderseits in Mm. glutaei angebracht.

	Mi- nuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Rückenmarkschnitt	60				
Ruhe	150	124	107	534	Aorta und Vena cava verschlossen.
		124	106		
	151	124	107	507	
		120	109		
Tetanus	152	122	110	512	
		121	112		
	153	122	113		
		122	113		
	154	121	113	555	
		122	113		
Ruhe	155	122	111	711	
		123	111		
	156	129	80	672	
		128	74		
	157	128	74	551	
		126	76		
	158	125	80	535	
		124	88		
	—	—	—	581	
	162	113	105		
Tetanus		112	105	701	Aorta und Vena cava offen.
	163	111	105		
	—	—	—	535	
	168	117	105		
		117	104	581	
	169	117	103		
Tetanus		118	100	581	
	170	118	98		
		121	89	701	
	171	121	86		
		121	87		

Tabelle XI (Fortsetzung).

	Mi- nuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Tetanus	172	122	87	680	Aorta und Vena cava offen.
		119	87		
	173	118	90	676	
		116	90		
174	114	90	639		
	112	90			
Ruhe	175	111	94	574	
		110	98		
	180	114	102	520	
		—	—		
201	122	105	495		
	122	105			
202	122	104	488		
Tetanus	203	120		108	
		120	108		
	204	121	110	577	
		120	110		
205	121	110	522		
	127	85			
Ruhe	206	126	82	485	
		126	83		
	215	121	98	490	
		118	97		
216	118	104	495		
	117	108			
217	117	107	495		
	117	105			
218	117	106	495		
	121	94			
219	121	98	495		
	121	99			
220	121	99	495		
	121	99			

Tabelle XII.

Versuch	Zeit Minuten	Pulsfrequenz in 30 Sec.			Athem- grösse in 30 Sec. Mittel- werth ccm	Blut- druck Mittel- werth mm		
		Max.	Min.	Mittel				
XII.	67—68	117	117	117	530	103	Ruhe	
	69—73	128	121	125	775	92	Tetanus	
Diff.				+ 8	+ 245	- 11		
	104—105	123	120	122	540	95	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
Diff.	106—109	121	120	121	540	97	Tetanus	
				- 1	0	+ 2		
	144—145	118	116	117	525	80	Ruhe	
Diff.	146—148	121	117	119	540	76	Tetanus (schwach)	
				+ 2	+ 15	- 4		
XIV.	80—81	133	132	132	365	123	Ruhe	
	82—85	136	133	135	530	108	Tetanus	
Diff.				+ 3	+ 165	- 15		
	105—108	134	133	134	340	122	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
Diff.	108—111	135	134	135	320	104	Tetanus	
				+ 1	- 20	- 18		
XV.	40—41	92	90	91	315	77	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	42—44	91	85	89	290	62	Tetanus	
Diff.				- 2	- 25	- 15		
	75—76	96	96	96	385	77	Ruhe	
Diff.	77—79	100	96	98	445	71	Tetanus	
				+ 2	+ 60	- 6		
Diff.	105—107	102	101	102	330	89	Ruhe	
	108—112	104	101	104	417	80	Tetanus	
Diff.				+ 2	+ 87	- 9		
XVIII.	150—152	124	120	123	523	108	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	153—155	122	121	122	501	113	Tetanus	
Diff.				- 1	- 22	+ 5		
	168—169	117	117	117	535	104	Ruhe	
Diff.	170—173	122	118	120	648	90	Tetanus	
				+ 3	+ 113	- 14		
Diff.	203	120	120	120	495	108	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	204—205	121	120	120	488	110	Tetanus	
Diff.				0	- 7	+ 2		

Tabelle XII (Fortsetzung).

Versuch	Zeit Minuten	Pulsfrequenz in 30 Sec.			Athem- grösse in 30 Sec. Mittel- werth ccm	Blut- druck Mittel- werth mm		
		Max.	Min.	Mittel				
XXI.	50—53	127	124	126	587	84	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	54—55	129	125	127	511	86	Tetanus	
Diff.				+1	- 76	+ 2		
	87—88	125	124	124	430	72	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
		124	122	123	405	82	Tetanus	
Diff.				-1	- 25	+ 10		
	100—102	122	121	121	400	62	Ruhe	
	103—105	123	121	122	446	56	Tetanus	
Diff.				+1	+ 46	- 6		
	119—120	121	119	120	458	67	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	121—123	118	117	117	402	81	Tetanus	
Diff.				-3	- 56	+ 14		
	142—143	116	115	116	400	60	Ruhe	
	144—146	118	116	117	464	56	Tetanus	
Diff.				+1	+ 64	- 4		
XXIV.	112—116	115	114	114	467	87	Ruhe	
	117—121	120	115	119	581	91	Tetanus	
Diff.				+5	+114	+ 4		
	129—131	119	118	119	515	93	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	132—133	121	118	121	415	89	Tetanus	
Diff.				+2	-100	- 4		
XXVII.	97—99	117	114	116	340	135	Ruhe	Aorta u. Vena cava verschlossen
	100—102	118	115	117	365	131	Tetanus	
Diff.				+1	+ 25	- 4		
	127—129	109	106	108	360	132	Ruhe	
	130—133	115	108	113	450	126	Tetanus	
Diff.				+5	+ 90	- 6		

Tab. XII giebt eine Zusammenstellung einiger in derselben Weise wie Vers. XII und XVIII ausgeführten Versuche. Die vom Tetanisiren des Hinterkörpers bewirkte Aenderung der Pulsfrequenz, Athemgrösse und des Blutdruckes bei normalem Verhalten des Blutstromes wird

mit der Aenderung jener Grössen verglichen, welche beim Tetanus während aufgehobener Blutcirculation im Hinterkörper stattfindet. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, treten die grösseren Aenderungen der Pulsfrequenz und der Athemgrösse bei unbeeinträchtigter Circulation ein. Am deutlichsten ist das der Fall betreffs der Athmung. Bei unterbrochener Circulation sinkt in der Regel die Athemgrösse während der Tetanusperiode; werden dagegen während Tetanus die Muskeln mit Blut durchströmt, so kommt eine Steigerung der Athmung zu Stande.

Das Verhalten der Pulsfrequenz ist nicht so einfach und regelmässig. Theils wird bei Tetanus die Pulsfrequenz auch unter normalem Verhalten des Blutstromes nie in dem Grade gesteigert wie die Athmung. Theils findet, wie z. B. in Vers. XIV, XXI, XXIV und XXVII, während Tetanus eine kleine Vermehrung der Pulsfrequenz auch in den Fällen statt, wo die Gefässe comprimirt werden. Diese Steigerung der Pulsfrequenz ist doch geringer wie die bei normalem Verhalten des Blutstromes stattfindende. Man könnte sich vorstellen, dass dieser Unterschied davon herrührt, dass bei Compression der Aorta und Vena cava die Muskeln der Hinterbeine weniger reizbar werden und demzufolge sich nicht so kräftig zusammenziehen; wodurch die von der Muskelspannung bedingten sensiblen Reize auch weniger kräftig sein würden. Um nun diesen Einwand zu entkräften, habe ich in den hierher gehörenden Versuchen die Intensität der Inductionsschläge der muthmasslichen Reizbarkeit der Muskeln angepasst, so dass der Krampf in den zu vergleichenden Fällen immer von derselben Stärke gewesen ist oder wenigstens nicht schwächer bei Compression der Gefässe.

Versuche dieser Art sind natürlich mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Das Thier, Kaninchen, wird sehr leicht von den vielen Operationen erschöpft und der Blutdruck zu niedrig, so dass die Pulsfrequenz nicht weiter beeinflusst werden kann. In anderen Fällen wird das Thier, das während des Versuches nicht narcotisirt werden darf, durch dazwischen kommende Reize beunruhigt. Ich habe in Folge dieser Uebelstände viele Versuche ganz verloren oder nur zum Theil anwenden können. Das Ergebniss jedes einzelnen Versuches kann in vielen Fällen sehr vieldeutig sein; wenn man aber diese Versuche zusammenstellt, so ist es möglich, etwas für alle Gemeinsames zu finden. Zu diesem Zweck habe ich in Tab. XIII das Ergebniss mehrerer Versuche zusammengestellt in Bezug auf das Verhalten der Pulsfrequenz, des Blutdruckes und der Athemgrösse nach dem Aufheben der oben erwähnten Ligaturen.



Versuch		Pulsfrequenz in $\frac{1}{2}$ Minute					beträgt  nach	vor dem Öffnen der Lig.	Mittlerer Blutdruck in $\frac{1}{2}$					
		ändert sich in folgenden Zeitabschnitten; Minuten							ändert sich in folgenden Zeitabschnitten; Minuten					
		vor dem Öffnen der Lig.	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$			$3\frac{1}{2}-4\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}-4\frac{1}{2}$
XII.		120	0	+ 6	0			9 Min. 123	94	-27	- 3	+ 2		
XIV.	a.	138	-13	+10	-2	-2	-2	11 „ 132	101	-38	+41	+18	+ 3	-1
	b.	134	- 2	+ 2	-3	-2		7 „ 125	93	-29	- 1	+ 9	+12	
XV.	a.	92	- 7	+ 4	+3	-1	+1	10 „ 92	54	-14	+ 4	- 3	- 1	-1
	b.	103	+ 1	+ 1	-1	0		7 „ 100	82	-18	+ 9	0	+ 1	
XVIII.	a.	123	+ 6	- 1	-3	-1		6 „ 112	111	-31	- 6	+ 6	+ 8	
	b.	121	+ 6	- 1				10 „ 121	110	-25	- 2			
XXI.	a.	127	- 9	+ 5	+4			6 „ 123	84	-33	0	+ 7		
	b.	123	- 9	+ 8				9 „ 121	83	-25	- 8			
	c.	117	- 4	+ 3	-2			7 „ 116	80	-24	- 5	- 7		
XXII.		120	- 4	0	0			5 „ 112	93	-39	0	+ 1		
XXIII.	a.	134	- 2	+ 1	-3			8 „ 128	110	-40	+ 6	+ 3		
	b.	117	0	+ 2	+1	0		11 „ 119	67	- 5	+ 4	+ 7	+ 8	
	c.	122	0	0	0			7 „ 123	106	-18	- 6	+ 4		
XXIV.		121	+ 2	+ 2	-2	-1		13 „ 114	89	- 9	+ 1	+ 1		
XXV.	a.	117	+ 5	- 4	+1			5 „ 118	116	-41	-10	+10		
	b.	115	+ 2	+ 3	-2	0	-1	11 „ 115	121	-45	-17	0	+ 4	+3
XXVI.		133	+ 1	+ 1	-1	-1	-2	6 „ 129	82	-24	+ 3	+ 2	- 3	+3
XXVII.	a.	121	- 2	+ 3	0			2 „ 122	122	-18	+24	+ 5		
	b.	117	- 2	0	0	+2		5 „ 116	118	-16	+13	+ 6	+ 2	
	c.	115	- 1	- 4	+2	0	0	7 „ 112	126	-24	+16	+ 2	0	+1
	d.	104	0	+ 2	-2	-1		9 „ 107	130	-28	+15	+ 2	- 1	
	e.	109	- 1	+ 4	-1	-1	-2	14 „ 105	128	-17	- 2	+ 1	+ 2	+2
	f.	105	+ 1	+ 3	-2			10 „ 108	132	-32	+15	+ 2		

In besonderen Reihen werden Pulsfrequenz, Blutdruck und Athemgrösse unmittelbar vor dem Öffnen der Ligaturen angegeben. Weiter kommt die Aenderung jener Grössen in der ersten halben Minute nach dem Freigeben der Gefässe und dann für die nächstfolgenden je eine ganze Minute betragenden Zeitabschnitte. Zuletzt wird der Betrag der genannten Grössen in einem späteren Momente angegeben, wo man annehmen kann, dass der Erfolg der Compression und des Freigebens der Gefässe vorüber ist, — wenn überhaupt ein Vorübergang stattfindet.

Nach dem Loslassen der Ligaturen kann man eine vor-

## XIII.

Minute  beträgt  nach	vor dem Oeff- nen der Lig.	Athemgrösse in 1/2 Minute ändert sich in folgenden Zeit- abschnitten; Minuten						beträgt  nach	Dauer des vorhergehenden	
									Tetanus	Com- pression der Gefässe
		-1/2	1/2-1 1/2	1 1/2-2 1/2	2 1/2-3 1/2	3 1/2-4 1/2	Min.			
9 Min. 77	510	+ 15	+ 25	- 5				9 Min. 590	4	6
11 „ 120	280	+200	+110	+10	-105	-60		11 „ 415	3 1/2	5
7 „ 98	285	+ 65	+ 75	-20	0			7 „ 330	3 1/2	5 1/2
10 „ 48	270	- 10	+ 40	+30	- 20	+15		10 „ 327	3 1/2	5
7 „ 75	305	+ 33	0	-	+ 86			7 „ 331	4 1/2	5 1/2
6 „ 105	480	+ 75	+156	-39				6 „ 551	3	4 1/2
10 „ 98	488	+ 61	+ 28					10 „ 522	1 1/2	3
6 „ 73	410	- 16	+ 82	- 5				6 „ 400	2	3 1/2
9 „ 60	405	- 46	+ 41					9 „ 400	2	3 1/2
7 „ 53	367	- 47	+133	- 7				7 „ 480	3	4 1/2
5 „ 60	900	- 78	+154	+80	- 68			5 „ 931	3	4 1/2
8 „ 95	568	0	+125	-48				8 „ 653	2	3 1/2
11 „ 87	585	- 18	+ 97	+36	- 27	-15		11 „ 503	3	4
7 „ 84	423	- 17	+ 54	0				7 „ 453	0	3
13 „ 83	415	- 21	+ 60	-20				13 „ 385	2	3
5 „ 97	-	-	-	-	-	-		-	1	2
11 „ 85	385	- 26	+ 61	+60	- 40	0		11 „ 431	3 1/2	4 1/2
6 „ 76	425	+107	+ 20	+12	-110	0		6 „ 450	3 1/2	5
2 „ 133	269	+ 67	- 5	-30				2 „ 289	0	2
5 „ 123	305	+ 37	+ 86	-31	- 9	- 2		5 „ 338	1 1/2	2 1/2
7 „ 131	290	+215	+ 95	+ 2	- 77	-25		7 „ 385	2 1/2	3 1/2
9 „ 123	285	0	+ 9	+ 6	- 20			9 „ 247	0	4 1/2
14 „ 123	290	+ 30	+105	+30	- 55	-50		14 „ 303	2 1/2	4
10 „ 130	275	+ 35	- 25	-45				10 „ 296	0	5

übergehende Steigerung der Pulsfrequenz beobachten, der meistens eine kurzdauernde Pulsverlangsamung vorhergeht. Kann man nun diese Pulsbeschleunigung auf die vorhergehende Muskelthätigkeit beziehen oder sind andere Factoren dabei wirksam? Das Freigeben der Gefässe bewirkt eine Veränderung der mechanischen Circulationsverhältnisse in Bezug sowohl auf den Ab- wie Zufluss des Blutes nach dem Herzen, was die Pulsfrequenz beeinflussen kann. Das Sinken der Blutdruckcurve giebt eine Veränderung des Blutstromes zu erkennen. Die gleichzeitige Abnahme der Pulsfrequenz, welche in den meisten Fällen unmittelbar nach dem Oeffnen der Ligaturen stattfindet, ist

wahrscheinlich von dieser Veränderung des Blutstromes verursacht. Auf analogen Ursprung ist wohl auch die nachfolgende Pulsbeschleunigung zu beziehen in den Fällen, wie Vers. XIV a, wo gleichzeitig eine beträchtliche Steigerung des Blutdruckes stattfindet. Dass die Pulsfrequenz nach einer vorübergehenden Verminderung auf seinen früheren Werth steigt, ohne dass eine Blutdrucksteigerung gleichzeitig stattfindet, wäre auch als nichts anderes aufzufassen, wie eine Folge davon, dass der pulsverlangsamende Einfluss — eine Aenderung des Blutstromes — aufgehört hat, wenn nicht diese Steigerung in vielen Fällen (z. B. Vers. XIV b, XXI a, b, c) von vorübergehender Natur wäre. Bei dieser Sachlage liegt es näher anzunehmen, dass die Steigerung von einem besonderen, vorübergehend wirkenden Factor — Stoffwechselproducten aus den Muskeln — bewirkt wird, wie dies der Fall ist betreffs der gleichzeitig stattfindenden vorübergehenden Steigerung der Athemgrösse.

Am leichtesten lässt sich die Annahme jener aus der Muskelthätigkeit herrührenden Einwirkung in den Fällen durchführen, wo nach dem Freigeben der Gefässe eine Pulsbeschleunigung unmittelbar, d. h. ohne vorhergehende Pulsverlangsamung eintritt, wie in den Vers. XII, XV b, XVIII a, b, XXIV, XXV, XXVI.

In Vers. XXVII a, d, f findet nach dem Loslassen der Ligaturen eine Pulsbeschleunigung statt, obgleich die Muskeln der Hinterbeine vorher nicht tetanisirt worden sind. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, findet in diesen Fällen eine beträchtliche Blutdrucksteigerung gleichzeitig statt und die Pulsbeschleunigung kann in diesen Fällen wie in Vers. XIV a auf die Aenderung des Blutstromes bezogen werden. In Vers. XXIII c, wo unter gleichen Verhältnissen keine Blutdrucksteigerung stattfindet, wird die Pulsfrequenz von dem Freigeben der Gefässe nicht beeinflusst.

Ich gebe gern zu, dass man aus dem Verhalten der Pulsfrequenz nach dem Loslassen der erwähnten Ligaturen keine endgültigen Beweise herausbringen kann für die Annahme, dass gewisse aus der Muskelthätigkeit herrührende Stoffwechselproducte die Pulsfrequenz steigern. Wenn in der That eine solche Einwirkung auf die Herzthätigkeit stattfindet — was der obigen Auseinandersetzung gemäss sehr wahrscheinlich ist — so ist dieselbe jedenfalls nicht beträchtlich und steht hinter der entsprechenden Einwirkung auf die Athmung viel zurück, wie aus der Tab. XIII sehr deutlich hervorgeht. Eine meistens sehr beträchtliche Steigerung der Athemgrösse tritt sofort ein, wenn man durch Oeffnen der Gefässe den Blutstrom durch die vorher tetanisirten Muskeln freigiebt. Wenn dagegen die Muskeln vorher nicht

tetanisirt worden sind, so wird die Athemgrösse so gut wie unbeeinflusst beim Loslassen der Ligaturen.

## V.

In allen oben erwähnten Fällen, wo die künstliche Muskelthätigkeit mit einer Vermehrung der Pulsfrequenz einhergeht, findet gleichzeitig eine Steigerung der Athemgrösse und zwar eine sehr beträchtliche statt. Es wäre nun möglich, dass die Steigerung der Pulsfrequenz eine Folge des Zuwachses der Athembewegungen ist. Die Druckschwankungen innerhalb des Thorax werden grösser und durch die Bewegungen der Thoraxwände wird vielleicht eine Art Massage auf das Herz ausgeübt.

Um den Einfluss, welcher von dem Zuwachse der Athembewegungen herrühren kann, verhältnissmässig zu verringern, habe ich in einigen Versuchen — Vers. IV (Tab. VII), Vers. VI (Tab. V) — künstliche Athmung beim Thiere eingeleitet, ehe das Tetanisiren des Hinterkörpers angefangen wird. Das Thier kann auch spontan athmen, aber die spontanen Athembewegungen werden bald sehr geringfügig oder hören sogar ganz auf. Unter diesen Verhältnissen kommt der Einfluss von einer Aenderung der spontanen Athembewegungen gar nicht in Betracht. Wie aus den erwähnten Versuchen ersichtlich ist, wird die Pulssteigerung bei Tetanus durch diese Versuchsanordnung gar nicht beeinträchtigt. Diese Pulssteigerung kann also nicht oder nur zum geringen Theil durch den Zuwachs der Athembewegungen begründet werden.

Anderseits muss noch durch besondere Versuche geprüft werden, ob man einer Verstärkung und Beschleunigung der Athembewegungen unter allen Umständen jeden Einfluss auf die Pulsfrequenz absprechen darf. Ich habe noch keine endgültigen Versuche über diese Frage mitzutheilen, aber so viel habe ich gesehen, dass der Einfluss der Athembewegungen auf die Pulsfrequenz nur von untergeordneter Bedeutung ist.

## VI.

Ich habe schon oben die Möglichkeit angezeigt, dass auch von Seiten des Blutdruckes eine Einwirkung auf die Pulsfrequenz bei der Muskelarbeit ausgeübt werden kann. Den Ergebnissen gemäss, welche aus den Versuchen mit passiven Bewegungen hervorgegangen sind, findet bei spontanen Bewegungen eine Steigerung nicht nur der Pulsfrequenz und der Athemgrösse, sondern auch des Blutdruckes statt. Man könnte sich vorstellen, die Pulsbeschleunigung sei eine Folge der

Blutdrucksteigerung. Diese Vermuthung erweist sich doch als nicht stichhaltig. In Vers. A, B, C (Tab. XIV), wo der Rückenmarksnchnitt ziemlich hoch — zwischen den letzten Brustwirbeln — gelegt worden ist, bewirkt die Reizung des peripherischen Stückes eine beträchtliche Blutdrucksteigerung. Gleichzeitig sinkt die Pulsfrequenz, sogar wenn die beiden Vagi vorher abgeschnitten worden sind. Diese Pulsverlangsamung muss als von der Blutdrucksteigerung verursacht aufgefasst werden, da keine anderen Factoren bei der betreffenden Versuchsanordnung auf die Pulsfrequenz einwirken. In den in Tab. VI zusammengestellten Versuchen beträgt die Aenderung des Blutdruckes bei Tetanus der hinteren Extremitäten immer einen sehr geringen Werth. In einigen Fällen steigt, in anderen sinkt der Blutdruck, und die Vermehrung der Pulsfrequenz scheint davon ganz unabhängig zu sein.

Tabelle XIV.

Versuch	Pulsfrequenz in 30 Sec. (Mittel)			Mittlerer Blutdruck			Bemerkungen.
	vor der Tetanus- periode	wäh- rend	Diffe- renz	vor der Tetanus- periode	wäh- rend	Diffe- renz	
A. Kaninchen 1400 g. Rückenmark am 10. Brustwirbel durch- schnitten.	136	84	-52	89	124	+35	Vagi abgeschn.
	127	51	-71	80	120	+40	
	112	101	-11	102	126	+24	
	106	102	-4	101	125	+24	
B. Kaninchen 2060 g. Rückenmark am 12. Brustwirbel durch- schnitten.	119	112	-7	69	87	+18	Vagi abgeschn.
	123	119	-4	68	89	+21	
	117	115	-2	74	104	+30	
	111	110	-1	61	91	+30	
C. Kaninchen 1360 g. Rückenmark am 11. Brustwirbel durch- schnitten.	135	125	-10	82	117	+35	Vagi abgeschn.
	132	122	-10	95	111	+16	
	132	113	-13	96	109	+13	
	106	100	-6	73	95	+12	

Wenn auch die Aenderung des mittleren Blutdruckes nicht die Ursache der fraglichen Pulsbeschleunigung sein kann, so wäre es doch denkbar, dass die während der Reizperioden stattfindenden Schwankungen des Blutdruckes einen Einfluss auf die Pulsfrequenz ausüben könnten. Diese Schwankungen rühren davon her, dass, wie oben erwähnt worden ist, Tetanusperioden mit Ruhepausen ab-

wechseln und jedesmal, wo Tetanus beginnt oder aufhört, steigt resp. sinkt der Blutdruck in Folge der gleichzeitigen Einwirkung auf die Gefässnerven des tetanisirten Gebiets. Da in den meisten Versuchen der Rückenmarksnchnitt zwischen den letzten Lendenwirbeln gelegt worden ist, betragen diese Schwankungen nur einen geringen Werth, im Allgemeinen nicht über 15<sup>mm</sup>. Einen förderlichen Einfluss auf die Pulsbeschleunigung haben diese Druckschwankungen nie gehabt. Im Gegentheil habe ich gefunden, dass sie derselben entgegenwirken. Ein gutes Beispiel bietet in dieser Beziehung Vers. XXV (Tab. XV) dar. Während der Reizperiode steigt die Pulsfrequenz von 109 bis 111 und 112. Die gleichzeitig stattfindenden Druckschwankungen sind in diesem Falle ungewöhnlich gross, 15—38<sup>mm</sup>. Beim Aufhören des Tetanus hören auch die Druckschwankungen auf und jetzt kommt noch eine Steigerung sowohl der Pulsfrequenz wie der Athemgrösse. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben in diesem Falle die Druckschwankungen während der Reizperiode einen hinderlichen Einfluss auf die Pulsbeschleunigung gehabt.

Die Beziehung der Pulsfrequenz zu dem Blutdruck ist sehr verwickelt. In einer früheren Arbeit habe ich gezeigt, dass wenn der Blutdruck von einem niedrigen Werthe mit hinreichender Geschwindigkeit steigt, die Pulsfrequenz vermehrt wird. Ich habe diese Thatsache nicht unberücksichtigt gelassen bei der Besprechung der Pulsbeschleunigungen, welche in meinen jetzigen Versuchen beobachtet worden sind. Andererseits geht aus den in Tab. XIV mitgetheilten Versuchen hervor, dass wenn der Blutdruck von dem etwa normalen Werthe steigt, diese Steigerung einen verlangsamen den Einfluss auf die Pulsfrequenz ausübt.

Tabelle XV.

Versuch XXV. Kaninchen 1990 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aethernarcose. Rückenmark am 4. Lendenwirbel durchschnitten. Ligaturstäbchen auf Aorta und Vena cava inf.

	Minuten nach Rücken- mark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Max. Druck- schwan- kung	Athem- grösse
		in 30 Sekunden			
Ruhe	88	107	98		481
		109	100		
	89	109	100	5	509
		109	101	5	
	90	109	99	10	

Tabelle XV (Fortsetzung).

	Minuten nach Rücken- mark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Max. Druck- schwan- kung	Athem- grösse
		in 30 Sekunden			
Tetanus	91	108	106	22	646
		111	99	18	
		112	92	15	
	92	111	90	10	661
		112	93	15	
	93	111	99	12	620
		111	98	15	
	94	110	97	20	643
		110	91	20	
	95	111	90	18	664
		112	91	30	
	96	112	97	20	595
		111	90	20	
	97	110	97	38	662
		111	84	20	
	98	113	77	20	706
		113	72	4	
Ruhe	99	113	80	4	723
		113	89	4	
	100	113	98	4	605
		113	105	4	
	101	110	109	4	—
		110	114	4	
	102	109	117	—	507
		110	117	—	
	106	—	—	—	—
		110	120	—	
	107	110	121	—	466
		110	122	—	
	111	—	—	—	—
		112	120	—	
	112	112	120	—	457
		112	118	8	
Bewegungen des Vorderkörpers	116	—	—	8	767
		115	120	8	
	117	115	118	—	791
		116	120	—	
	118	119	117	36	—
		127	129	50	
	119	130	143	20	986
		125	135	15	
	120	123	133	20	761
		118	125	5	
Ruhe	121	120	122	5	468
		116	121	5	
	122	115	121	5	478
		115	125	—	
	123	115	126	—	—

## VII.

Wie aus der in Abth. V, VI mitgetheilten Auseinandersetzung hervorgeht, kann die Steigerung der Pulsfrequenz, welche bei künstlicher Muskelthätigkeit thatsächlich stattfindet, nicht auf Einflüsse von Seiten des Blutdruckes oder der Athembewegungen bezogen werden. Dass auch nicht sensible Reize in dem fraglichen Vorgange mitbetheiligt sind, wenigstens nicht in erheblicherem Grade, scheint mir aus folgenden Gründen als höchst wahrscheinlich:

1. Die Latenzdauer der Pulsfrequenzsteigerungen ist meistens eine halbe Minute und also länger, als was einem Reflexvorgang entspricht. In den Versuchen mit activen und passiven Bewegungen der Hinterbeine kommt die Steigerung der Pulsfrequenz zum Vorschein schon einige Secunden nach dem Anfang der Bewegungen.

2. Die Steigerung der Pulsfrequenz ist beträchtlicher bei Tetanus von einer gewissen Dauer, als bei häufigem Wiederholen kurzer Zuckungen.

3. Die Steigerung der Pulsfrequenz kommt zum Vorschein auch bei einer Versuchsanordnung, wo man die Anspannung der Muskeln an der Grenze des durch den Rückenmarkschnitt anästhetisch gewordenen Gebiets umgeht.

4. Wenn der Blutstrom von den tetanisirten Muskeln abgesperrt wird, so bleibt die Steigerung der Pulsfrequenz aus oder fällt geringer aus, als bei Tetanus unter gewöhnlichen Verhältnissen.

5. Wenn der Blutstrom durch die vorher tetanisirten Muskeln freigegeben wird, findet eine vorübergehende Steigerung der Pulsfrequenz statt. Dieser Vorgang ist zwar in vielen Fällen mit beträchtlicheren Schwankungen des Blutdruckes complicirt, darf aber doch nicht ganz ausser Rechnung gelassen werden.

Aus diesen Gründen scheint es mir berechtigt zu sein anzunehmen, dass in den Muskeln bei ihrer Thätigkeit Stoffe gebildet werden, welche einen pulsbeschleunigenden Einfluss haben. Dieser Einfluss ist doch gering im Vergleich mit dem, welchen dieselben oder derartigen Stoffe auf die Athmung ausüben.

Es stellt sich zunächst die Frage hervor: Wo üben die betreffenden Stoffe ihre Wirkung aus, auf die eigenen Centren des Herzens oder auf die Centren der beschleunigenden Herznerven?

Um diese Frage zu lösen, habe ich in einigen Versuchen das Herz von seinem Zusammenhang mit dem centralen Nervensystem getrennt und nachher die Tetanisirungen des Hinterkörpers ausgeführt. In diesen



Versuchen wurden also die beiden Vagi und die beiden Accelerantes abgeschnitten. Alle diese Operationen auszuführen, ist mir nur am Hunde gelungen. Statt die beiden Accelerantes durch Ausrotten der Ganglia stellata auszuschliessen, habe ich in einigen Versuchen das Rückenmark am zweiten Halswirbel durchschnitten. Der in Tab. XVI mitgetheilte Versuch am Hunde ist in dieser Weise angeordnet. Bei dem Tetanisiren des Hinterkörpers findet in der That eine geringe Steigerung der Pulsfrequenz statt, welche nur auf eine directe Einwirkung der erwähnten Stoffwechselproducte auf das Herz bezogen werden kann.

Tabelle XVI.

Hund 22 Kilo. Morphin. Aethernarcose. Tracheotomie, Canüle in der Carotia. Rückenmark am 2. Hals- und 2. Lendenwirbel durchschnitten. Künstliche Athmung. Die Registrirung fängt etwa 1 Stunde nach dem Halsmarkschnitt an.

	Mi- nuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck		Mi- nuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck
		in 30 Sekunden				in 30 Sekunden	
Ruhe	5	61		Tetanus	13	61	103
		62				61	110
	6	61			14	61	104
		—				61	99
	7	—			15	61	95
		—					
Tetanus	8	61	100	Ruhe		61	85
		61	100		16	60	81
						58	80
	9	61	100		17	58	80
		62	105			57	83
	10	61	101		18	57	84
		62	100			56	85
	11	63	97		19	57	87
		63	100			58	
	12	61	99		20	57	88
		61	95				

In Tab. XVII, XVIII werden zwei Versuche an Hunden mitgetheilt, wo das Herz durch beiderseitiges Abschneiden der Vagi und Ausrotten der Ganglia stellata von dem centralen Nervensystem völlig isolirt worden ist. — Der Erfolg der Operationen ist immer durch Section bestätigt worden. — Auch unter diesen Verhältnissen findet bei Tetanus eine Steigerung der Pulsfrequenz statt. Aus diesen Ver-

suchen geht hervor, dass Stoffwechselproducte, welche in den Muskeln während ihrer Thätigkeit gebildet werden, auf die eigenen Centren des Herzens einwirken und dadurch die Pulsfrequenz steigern.

Tabelle XVII.

Hund 10 Kilo. 9 cg Morphin. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Chloroformnarcose; Vagi und Accelerantes beiderseits abgeschnitten, Rückenmark am 1. Lendenwirbel durchschnitten. Nach 1 Stunde fängt die Registrierung an.

	Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse		Minuten	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	
		in 30 Sekunden					in 30 Sekunden			
Ruhe	7	66	125	1450	Ruhe	29	70	124	1200	
		65	122				71	124	1400	
	8	67	124				—	—	—	
		67	126				35	70	124	1430
Tetanus	9	66	125	1100		71	122	1470		
						36	71	121	1560	
	10	68	132		1060		72	128	1520	
		70	126		1780	Tetanus	37	73	123	1560
Tetanus	11	71	118	2800			77	115	2270	
		72	119	2500			38	76	116	2980
		70	119	3000			76	120	3570	
	12	71	117	2500		39	—	107	3120	
Tetanus		72	122	2000	Tetanus					
	13	72	123	1800			40	76	108	3400
		69	123	1720			76	115	2630	
	14	68	124	1560			74	118	1850	
Ruhe		67	124	1320		41	73	122	2000	
	15	69	123			73	123	1780		
		68	125			42	73	122	1720	
	16	68	123			71	121	1250		
Ruhe	—	—	—	—		43	72	121	1610	
	21	68	127	1150		—	—	—	—	
		69	129	1200		83	73	108	1850	
	22	67	127	1400		74	108	2000		
	69	130			84	72	111	1520		
23	70	126								
Tetanus		70	129		1150		73	116	1610	
	24	73	121	1900	Tetanus	85	75	115	2500	
		73	119	2400			77	107	3450	
	25	74	119	2950			86	78	110	3800
	73	118	2600			79	94			
Tetanus		74	114	3300	Tetanus					
	26	74	113	2700			87	80	98	4000
		73	120	1650			80	104	2600	
	27	73	120	1650			88	77		108
Ruhe		71	121	1700		76	108	2300		
	28	70	124	1800		89	75		110	
		71	125	1300		75	107			

Tabelle XVIII.

Hund 4750 g. 2 cg Morphin. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aether-narcose. Rückenmark am 4. Lendenwirbel durchschnitten.

	Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck		Minuten nach Rückenmark-schnitt	Puls-frequenz	Mittlerer Blutdruck		
		in 30 Sec.				in 30 Sekunden			
Ruhe	37	44	99	Ruhe	323	84	81		
		45	101			84	80		
		45	100			324	84	75	
		44	99			85	74		
Tetanus (schwach)	39	45	98	Tetanus	325	84	81		
		45	97			87	80		
		40	47			97	326	86	80
		48	98			87	80		
Ruhe	41	46	98	Tetanus	327	87	84		
		44	98			87	81		
		42	45			99	328	87	88
		45	100			87	86		
Vag. und Accel. sin. abgeschn. Vag. u. Accel. dext.	43	—	—	Tetanus	329	88	88		
		43	103			87	92		
		—	—			330	88	89	
		210	—			—	87	88	
Ruhe	223	—	—	Ruhe	331	86	92		
		—	—			87	95		
		228	95			107	332	87	98
		96	109			86	99		
Tetanus	—	—	—	Tetanus	333	87	101		
		246	81			107	—	—	—
		82	107			341	83	75	
		247	81			108	82	75	
Ruhe	248	80	109	Tetanus	342	81	75		
		81	109			82	72		
		249	81			110	343	83	72
		82	110			82	71		
Tetanus	250	82	111	Tetanus	344	83	71		
		82	110			84	73		
		251	83			108	345	86	73
		81	110			85	75		
Ruhe	252	81	110	Tetanus	346	86	77		
		81	111			86	75		
		—	—			347	86	77	
		322	84			83	87	77	
Ruhe	—	84	82	Tetanus	348	88	77		
		88	80			88	80		

## VIII.

Bei der oben angeführten Auseinandersetzung der Möglichkeiten einer Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die Herzthätigkeit stellten sich vier Factoren als diejenigen heraus, welche diese Einwirkung vermitteln können: Miterregung der Centren der Herznerven, Reflexe in Folge sensibler Reize, Einwirkung von Stoffwechselproducten aus den Muskeln und Aenderung der mechanischen Circulationsverhältnisse, theils in Folge eines vasomotorischen Einflusses, theils in Folge einer Verstärkung der Athembewegungen. Von diesen vier Factoren kommt der letzte sehr wenig in Betracht bei der Besprechung derjenigen Pulsbeschleunigung, welche bei willkürlicher Muskelthätigkeit beobachtet wird. Die Steigerung des Blutdruckes muss, wie aus den in Tab. XIV. mitgetheilten Versuchen hervorgeht, einer Pulsbeschleunigung entgegenwirken und der Einfluss von Seiten der Athmung ist von untergeordneter Bedeutung. Der dritte Factor, Stoffwechselproducte aus den Muskeln, muss als mitbetheiligt angesehen werden; aber in welchem Grade?

Im Vergleich mit der bei willkürlichen Muskelbewegungen stattfindenden Steigerung der Pulsfrequenz ist die, welche bei der künstlichen Muskelthätigkeit zum Vorschein kommt, sehr gering. In jenen Fällen (Tab. III) beträgt die Steigerung einmal (Vers. II) 28 % und selten weniger wie 15 %; in diesen Fällen (Tab. VI) ist 10 % der höchste Betrag der Steigerung und gewöhnlich handelt es sich nur um 2 %—3 %.

Auch nach Abschneidung der beiden Vagi fällt die Steigerung der Pulsfrequenz bei Tetanus nicht grösser aus; — wie aus Vers. V, XX (Tab. V, VI) ersichtlich ist.

Es wäre denkbar, dass das Thier durch die Operationen in dem Grade herabgekommen ist, dass grössere Steigerungen der Pulsfrequenz überhaupt unmöglich sind. Oft mag das auch der Fall gewesen sein, aber in vielen Versuchen habe ich mich davon überzeugt, dass auch nach der Operation — Durchschneidung des Lendenmarkes — grössere Steigerungen der Pulsfrequenz zu Stande kommen, wenn das Thier in Folge sensibler Reizungen beunruhigt wird und willkürlich den Vorderkörper bewegt, als bei Tetanus des Hinterkörpers. Als Beispiele hiervon können Vers. I (Tab. I); Vers. XXV (Tab. XV) und Vers. XXIV (Tab. XIX) angeführt werden.

In Vers. XXV, XXIV ist nicht nur das Rückenmark durchschnitten worden, sondern auch der Bauch geöffnet und Ligaturstäbchen auf Aorta und V. cava angebracht. Dennoch steigt die Puls-

Tabelle XIX.

Versuch XXIV. Kaninchen 2000 g. Tracheotomie, Canüle in der Carotis. Aether-narcose. Rückenmark am 5. Lendenwirbel durchschnitten. Ligaturstäbchen auf Aorta und Vena cava inf.

	Minuten n. Rücken- mark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Ruhe	99	114	77	314	
	100	114	79		
Bewegungen d. Vorderkörpers		114	80	737	
	101	127	109		
		128	112	823	
	102	123	95	550	
		120	95		
	103	117	91	540	
	117	91			
Ruhe	—	—	—	—	
	112	114	89	471	
	—	—	—	—	
	115	114	88	442	
Tetanus		114	87	488	
	116	115	88		
		114	86	584	
	117	115	88		
		118	89	591	
	118	120	90		
		119	91	568	
	119	120	91		
		119	90	605	
	120	119	91		
		118	92	567	
	121	120	91		
Ruhe		119	91	512	
	122	120	91		
		120	90	522	
	123	119	90		
		118	90	512	
	124	119	91		
		118	90	522	
	—	—	—		
		119	93	522	
	130	—	—		
	119	95	492	{ Aorta u. Vena cava verschlossen.	
131	118	88			

{ Aorta u. Vena cava  
verschlossen.

Tabelle XIX (Fortsetzung).

	Minutenn. Rücken- mark- schnitt	Puls- frequenz	Mittlerer Blutdruck	Athem- grösse	Bemerkungen.
		in 30 Sekunden			
Tetanus		118	89		
	132	121	90	415	
		121	89		
	133	121	89		
Ruhe		123	80	394	{ Aorta u. Vena cava geöffnet.
	134	125	82	454	
		125	81		
	135	124	84	425	
		123	82		
	136	122	84	327	
	—	—	—	—	
	146	114	83		
		114	84	385	
	147	113	81		
		114	82		

frequenz bei willkürlichen Bewegungen des Vorderkörpers von 115 bis 130 resp. von 114 bis 128. Die Steigerung bei künstlicher Muskelarbeit ist viel geringer: von 109 bis 112, resp. von 114 bis 120, ob- schon Tetanus in beiden Fällen von längerer Dauer und erheblich kräftiger ist, wie die Muskelcontractionen bei den willkürlichen Bewe- gungen. Die Pulsbeschleunigung, welche willkürliche Muskelthätigkeit begleitet, muss also hauptsächlich auf die zwei Factoren Reflexe in Folge sensibler Reize und Miterregung des Centrums der beschleunigen- den Herznerven bezogen werden. Von diesen zwei Factoren ist nach einer vorher angeführten Auseinandersetzung (Abth. I) der erstere lange nicht von der Bedeutung, wie der letztere. Wenn also bei willkürlicher Muskelarbeit eine beträchtlichere Steigerung der Pulsfrequenz stattfindet, so muss diese als zum grössten Theil von Miterregung des Centrums der beschleunigenden Herznerven verursacht bezeichnet werden. Dieser Factor ist natürlich von einer Reihe psychischer Vorgänge abhängig, wie Un- ruhe, Schreck, Schmerz, Ermüdungsgefühl u. s. w. In welchem Grade eine von diesen psychischen Vorgängen unabhängige Miterregung des Centrums der herzbeschleunigenden Nerven bei den willkürlichen Mus- kelbewegungen stattfindet, soll der Gegenstand künftiger Unter- suchungen werden. Nach den Erfahrungen aus der Sportwelt scheint

es, dass man den psychischen Einfluss auf die Pulsfrequenz durch Trainiren zum grossen Theil unterdrücken kann.

Was die Vermehrung der Athmung bei Muskelthätigkeit betrifft, so ist die Einwirkung der Stoffwechselproducte, wie schon oben hervorgehoben worden ist, von viel grösserer Bedeutung wie bei der Pulsbeschleunigung. Bei künstlicher Muskelthätigkeit habe ich in meinen Versuchen eine Steigerung der Athemgrösse um 20%—40%—50% bis 60% und einmal 91% beobachtet. Die Steigerung der Athemgrösse bei willkürlichen Muskelbewegungen beträgt 30%—60%—80% und einmal 104%. Aus einer Vergleichung dieser Werthe geht hervor, dass die Einwirkung der Stoffwechselproducte aus den Muskeln der bei weitem wichtigste Factor ist, der bei Muskelarbeit die Steigerung der Athemgrösse bewirkt.

---

# Beiträge zur Kenntniss der Augen von *Anableps tetrophthalmus*.<sup>1</sup>

Von

A. Klinckowström.

(Zootomisches Institut der Hochschule in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. I.)

---

Während eines fünfmonatlichen Aufenthaltes in Suriname im letztverflossenen Winter hatte ich das Vergnügen, mehrere Male das in dem Brackwasser des Küstengebietes lebende Vieraue, *Anableps tetrophthalmus*, zu beobachten. Es gelang mir auch, mehrere neugeborene Jungen des, wie bekannt, viviparen Fisches zu bekommen. Nach meiner Rückkehr nach Schweden wurden einige Augen der in Sulfopikrinsäure fixirten Jungen mit Boraxkarmin durchgefärbt und in frontale Schnittserien zerlegt. Der Zweck dieses Aufsatzes ist, den Fachgenossen die an diesen Schnitten gewonnenen Ergebnisse nebst einer Abbildung des unter denjenigen der Wirbelthiere allein dastehenden Seh-Organes<sup>2</sup> mitzutheilen.

Betrachtet man einen lebenden *Anableps*, so bekommt man auf den ersten Blick den Eindruck, dass der Name „Vieraue“ durchaus berechtigt ist; die grossen, runden, an der oberen Seite des Kopfes hervorstehenden Augenöffnungen sind nämlich durch ein dunkles, horizontales Band in zwei durchsichtige Cornea getheilt, hinter jeder von welchen eine eigenthümliche herzförmige Pupille uns entgegenblickt. Der Eindruck, dass

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 29. Nov. 1892.

<sup>2</sup> Soviel ich weiss, finden sich in der neueren Litteratur über die Augen des *Anableps* keine Untersuchungen; in seiner „*De oculorum homin. animaliumque sect. horizontale*“ (Göttingen 1818) S. 62 beschreibt Soemmering das Auge von *Anableps* und giebt auch eine Zeichnung davon, die jedoch zu klein ist, um die Einzelheiten der Structur zu zeigen.



wir es hier wirklich mit zwei in einer Orbita vereinigten Augen zu thun haben, wird besonders dadurch gekräftigt, dass die obere (dorsale) Pupille grösser und der Cornea viel näher gelegen ist als die untere (ventrale), ein Verhalten, welches beiden „Augen“ einen ganz verschiedenen „Blick“ giebt.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt nun Folgendes: der grosse, in seinen hinteren Theilen knorpelige Bulbus ist beinahe kugelförmig. Die Hornhaut wird durch einen von der Sclera ausgehenden, horizontalen, )(förmigen, pigmentirten Streifen (Fig. 1, *Pig.*) in zwei halbkreisförmige, durchsichtige Theile zerlegt. Entfernt man die Cornea, so findet man,

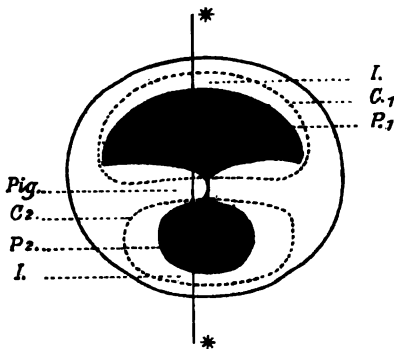


Fig. 1. Auge von *Anableps tetrphthalmus*.  $\frac{2}{3}$  der nat. Grösse von der vorderen (äusseren) Seite gesehen. *P<sub>1</sub>*: obere, *P<sub>2</sub>*: untere Oeffnung der Pupille, *C<sub>1</sub>*: oberer, *C<sub>2</sub>*: unterer durchsichtiger Theil der Cornea, *Pig.*: horizontaler Pigmentstreifen in der Cornea, *I.*: Iris, \*\*: Richtung des in Fig. 2 abgebildeten Schnittes.

dass, obwohl nur eine Pupille vorhanden ist, jedoch an der Iris sowohl als an der Cornea zwei von einander geschiedene Oeffnungen bestehen; die Pupille ist nämlich stark biscuitförmig oder sogar 8-förmig, indem die in die Pupillenöffnungen hineintragenden Lappen der Iris sich unter dem Pigmentstreifen der Cornea kreuzen (Fig. 1). Wenden wir uns jetzt zur Betrachtung eines horizontalen Schnittes durch den Augenapfel (Taf. I.). In der Mitte der Cornea bemerken wir den quer durchschnittenen Pigmentstreifen (*Pig.*), er besteht aus verästelten Pigmentzellen und liegt in der Cornea selbst, nicht, wie Wiedersheim<sup>1</sup> angiebt, in der Conjunctiva. Die vordere Linsen-

kammer wird gewissermaassen in zwei

Kammern eingetheilt dadurch, dass die Linse den in die Pupille hineintragenden Irislappen (*IL*) dicht anliegt, ohne jedoch mit ihnen verbunden zu sein. Von den beiden secundären vorderen Linsenräumen ist die obere (*P<sub>1</sub>*) bedeutend flacher als die unteren (*P<sub>2</sub>*), deren Cornea an der inneren Seite stark gewölbt ist. Die Linse (*L*) ist im Verhältniss zum Auge sehr gross und ragt in die hintere Linsenraum bis dicht an die Retina hinein. Diese ist nicht weniger eigenthümlich gebaut als die vorderen Theile des Auges, denn anstatt gewölbt zu sein, wie man

<sup>1</sup> Wiedersheim, *Lehrbuch d. vergl. Anatomie d. Wirbelthiere*. Zweite Aufl. S. 410.

nach dem äusseren Aussehen des Bulbus glauben könnte, ist die Retina durch eine in der Ebene des horizontalen Pigmentstreifens (*Pig.*) ziehende Falte in zwei rechtwinkelig zu einander liegende Theile ( $R_1$  u.  $R_2$ ), die den beiden Pupillenöffnungen entsprechen, eingetheilt.

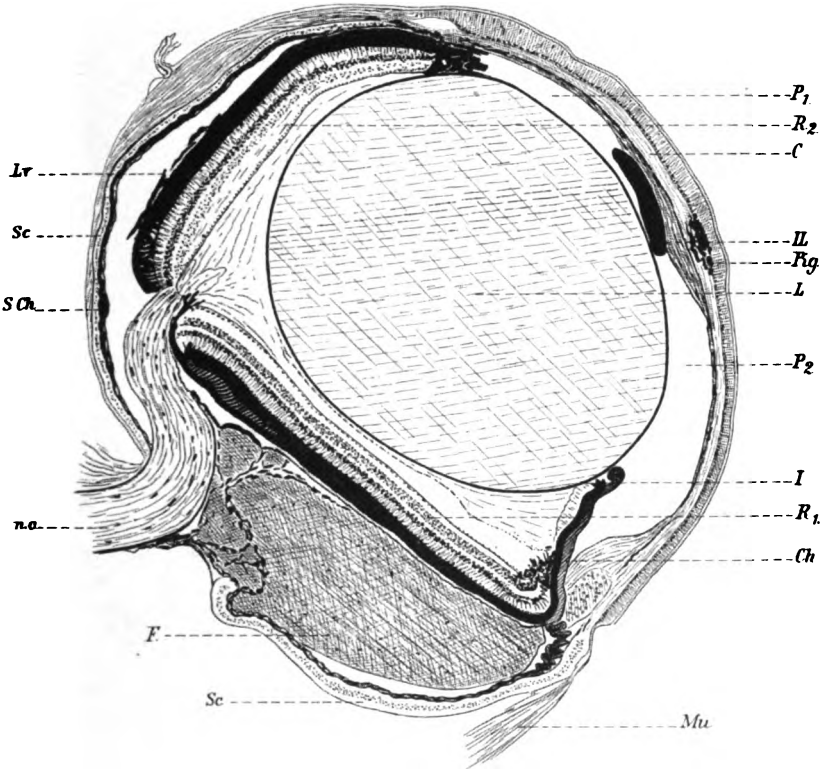
Die Erklärung dieser wunderbaren Veränderungen des Seh-Organes bei *Anableps* ist in seiner Lebensweise zu finden. Da ich die Gelegenheit gehabt habe, den *Anableps* in seiner fernen Heimath zu beobachten, bin ich in der Lage, darüber Folgendes mittheilen zu können. Das „Vierauge“ lebt in dem Küstengebiet von Suriname in den Flussmündungen und in den kleinen deltaartigen Kanälen, die die Flüsse mit dem Meere verbinden. Es ist hier sehr häufig und kann überall im seichten Wasser nahe dem Ufer in Rudeln von 10—40 Stück gesehen werden. Gewöhnlich stehen sie unbeweglich im Wasser dicht bei dem lehmigen Ufer nach Beute (Insecten und dergleichen) spähend. Werden sie beunruhigt, schiessen sie alle auf einmal blitzschnell, halb schwimmend, halb in der Luft wie Delphine springend, durch das Wasser, um einige hundert Schritte davon wieder unbeweglich zu liegen. Am eigenthümlichsten ist jedoch die Art, auf welche sie schwimmen. Nimmer habe ich einen *Anableps* unter Wasser tauchen gesehen, immer schwimmen sie an der Oberfläche mit einem Theil des Rückens und des Kopfes über Wasser. Dabei liegt der horizontale Pigmentstreifen der Cornea genau in der Wasserlinie, das untere „Auge“ unterhalb, das obere „Auge“ aber oberhalb derselben. Auf der unteren Hälfte der Retina werden die aus der Luft kommenden Lichtstrahlen, auf der oberen die aus dem Wasser kommenden gebrochen. Das Thier besitzt also in der That jederseits zwei Augen, das eine für das Sehen in der Luft, das andere für das Sehen im Wasser eingerichtet. Was besonders bemerkenswerth erscheint, ist die Thatsache, dass die Augenaxe für die aus der Luft kommenden Strahlen, welche auch durch die Cornea gebrochen werden, beträchtlich kürzer ist als diejenige für die aus dem Wasser kommenden Strahlen, bei welchen die Lichtbrechung der Cornea wegfällt. In Folge des unsymmetrischen Baues des Gesammtauges wird also eine gleiche Sehschärfe seiner beiden Abtheilungen möglich. Der Vortheil, den diese Einrichtung dem Thiere gewährt, ist einleuchtend: das obere „Auge“ hilft ihm, die Beute zu entdecken, während gleichzeitig das untere „Auge“ ihn vor von der Tiefe drohenden Gefahren (Raubfische und dergl.) warnt.

## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. I.)

Frontalschnitt durch das Auge von einem neugeborenen *Anableps tetraphthalmus*. *C.* Cornea, *Ch.* Choroidea, *F.* Fettgewebe, die Coroidaldrüse umgebend, *I.* Iris, *I. L.* Irislappen, *L.* Linse, *Lv.* Lamina vasculosa, *Mu.* Augenmuskel, *N. O.* Nervus opticus, *P<sub>1</sub>* obere, *P<sub>2</sub>* untere Pupillenöffnung, *Pig.* Pigmentstreifen in der Cornea, *R<sub>1</sub>* zu der oberen Pupille gehörender Retinatheil, *R<sub>2</sub>* zu der unteren Pupille gehörender Retinatheil, *Sc.* Scleralknorpel, *S. Ch.* Lamina suprachoroidalis. (Nachet ob. 3\* oc. 1.)

Fig. 2 .





# Ueber die Ernährung des Säugethierherzens.

## Zweite Abhandlung.<sup>1</sup>

Von

Robert Tigerstedt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

1. In einer früheren Abhandlung habe ich gezeigt, dass man mittelst einer um die Vorhöfe gelegten, fest schliessenden Pincette beim Kaninchen die ganze Blutzufuhr nach den Kammern 5 Minuten lang abschneiden kann, ohne dass das Herz dadurch getödtet wird. Im Gegentheil fängt das Herz nach Entfernung der Pincette wieder an zu schlagen und der Kreislauf ist binnen Kurzem wieder ganz normal.<sup>2</sup>

Es bot ein gewisses Interesse dar, diesen Versuch am Hundeherzen zu wiederholen, weil dadurch die einander widerstreitenden Angaben über die nach Bindung der Kranzarterien beim Hundeherzen auftretenden Erscheinungen möglicherweise aufgeklärt werden könnten.<sup>3</sup>

Da, wie bekannt, das Hundeherz allen Eingriffen gegenüber viel empfindlicher als das Kaninchenherz ist, und es also zu erwarten war, dass die durch die Abklemmung hervorgerufenen Schädlichkeiten beim Hundeherzen schneller ihren deletären Einfluss ausüben sollten, fand ich es von vornherein angemessen, die abklemmende Pincette nicht allzu lange liegen zu lassen. Um nämlich zu zeigen, dass der Herzstillstand u. s. w., welcher in den Versuchen von Cohnheim und Anderen bei Bindung einzelner Aeste der grossen Kranzarterie aufgetreten ist, in der

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 4. December 1893.

<sup>2</sup> Tigerstedt, *Dies Archiv*, Bd. II, S. 394; 1890.

<sup>3</sup> In Bezug auf diese Untersuchungen vgl. Tigerstedt, *Lehrbuch d. Physiologie des Kreislaufes*, Leipzig 1893, S. 190—198, und die später erschienenen Abhandlungen von Porter, *Journal of physiology*, XV, S. 121—138; 1893; — *Arch. f. d. ges. Physiol.*, LV, S. 366—371; 1893.

That nicht von dem Blutmangel eines umschriebenen Bezirkes des Herzmuskels, sondern von Nebenverletzungen bedingt gewesen ist, schien es mir vollkommen genügend, die Abklemmung der Vorhöfe nur etwa ebenso lange wie bei den Versuchen Cohnheim's die Kranzarterienligatur dauern zu lassen. Ich kann daher keine Angaben über die maximale Zeit mittheilen, während welcher das Hundeherz in der von mir geübten Weise ohne Blutzufuhr lebensfähig erhalten werden kann. Ich war gezwungen, meine Aufgabe in dieser Weise zu beschränken, weil Hunde geeigneter Grösse nur sehr spärlich zu meiner Verfügung standen.

2. In den beiden ersten jetzt mitzutheilenden Versuchen waren die Thiere nach Dastre und Morat durch subcutane Einspritzung von Morphin und Atropin (0.01 bzw. 0.001 g pro kg) anästesirt und dann durch Curare bewegungslos gemacht.

Versuch I. 20. Februar 1892. Hund, 2100<sup>g</sup>mm. Morphin + Atropin + Curare in subcutaner Einspritzung.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
1	0	23	35	31	33
2	10	23	35	31	33
3	20	24	35	31	33
4	30	23	35	17	26
5	40	24	29	17	23
6	50	21	23	17	25
7	70	—	20	5	12 $\frac{1}{2}$

Die Abklemmung der Vorhöfe findet in der 70. Secunde statt und dauert bis zu der 185. Secunde incl., also 115 Secunden lang. Dabei beträgt der Blutdruck 6—8<sup>mm</sup> Hg. Die Pincette wird bei 185 Secunden wieder fortgenommen.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
8	186	16	11	3	7
9	196	14	58	5	29
10	206	15	45	25	35
11	216	18	63	35	49
12	226	24	97	59	78
13	236	28	109	91	100
14	246	29	119	103	111

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
15	256	29	121	111	116
16	266	29	117	101	109
17	276	29	107	89	98
18	286	29	95	83	89
19	296	29	89	79	84
20	306	29	85	75	80
21	316	29	81	69	75
22	326	28	77	67	72
23	336	28	83	65	74
24	346	28	75	61	68
25	356	27	71	59	65
26	366	27	69	59	64
27	376	26	67	57	62
28	386	26	66	55	60 $\frac{1}{2}$
29	396	26	65	53	59
30	741	24	49	43	46
31	1161	24	39	33	36
32	1171	23	39	33	36
33	1181	24	41	33	37
34	1751	23	35	31	33
35	1761	23	35	31	33
36	1771	22	37	27	32

In der 1841. Sec. fängt eine neue Abklemmung der Vorhöfe an. Sie dauert 180 Sec. und dabei sinkt nach 50 Sec. der Blutdruck auf 5<sup>mm</sup> Hg, welchen Werth er bis zur Lösung der Klemme beibehält. Die Pulsfrequenz war, wegen Insufficienz der Aortaklappen, an der Blutdruckcurve ersichtlich und betrug während der einzelnen Perioden von 10 Sec.: 22 — 21 — 19 — 18 — 14 — 7 — 1 — 2 — 3 — 2 — 1 — 2 — 2 — 1 — 2 — 1 — 1 — 2. In der 2021. Sec. wird die Abklemmung aufgehoben.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
37	2021	3	—	—	7
38	2031	4	9	3	6
39	2041	9	16	7	11 $\frac{1}{2}$
40	2051	9	17	11	14
41	2061	9	17	11	14
42	2071	9	16	11	13 $\frac{1}{2}$
43	2081	9	16	11	13 $\frac{1}{2}$
44	2091	8	16	11	13 $\frac{1}{2}$



Der Blutdruck erhebt sich nicht mehr. Die Herzschläge sind aber vollkommen normal und zeigen keine Spur eines Deliriums. Ein solches wird aber durch Kneten des Herzens hervorgerufen und das Thier stirbt.

Versuch II. 5. März 1892. Hund 10,000 <sup>gmm</sup>. Morphin + Atropin + Curare in subcutaner Einspritzung.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
1	0	28	92	85	88 $\frac{1}{2}$
2	10	29	94	85	89 $\frac{1}{2}$
3	20	28	94	86	90
4	30	28	92	84	88
5	40	28	94	85	89 $\frac{1}{2}$
6	50	28	98	85	91 $\frac{1}{2}$

Zwischen der 60. und 70. Sec. wird die Pincette angelegt. Die Abklemmung beginnt in der 72. Sec. und dauert bis zu der 206. Sec., also 134 Sec. lang. Dabei beträgt der Blutdruck 30 <sup>mm</sup> Hg. In der 206. Sec. wird die Pincette fortgenommen.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
7	206	17	140	80	—
8	215	27	178	132	155
9	225	30	182	164	178
10	235	30	182	161	171 $\frac{1}{2}$
11	245	30	176	154	165
12	255	29	168	146	157
13	265	29	158	136	147
14	275	30	148	124	136
15	285	29	138	110	124
16	295	28	124	98	111
17	305	28	110	90	100
18	315	27	102	84	93
19	425	27	88	78	83
20	435	27	88	76	82
21	810	29	92	82	87
22	820	29	92	84	88
23	830	30	92	82	87

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
24	1230	29	96	82	89
25	1240	29	94	80	87
26	1540	30	86	78	82
27	1550	30	86	78	82
28	1560	31	87	78	82 $\frac{1}{2}$
29	1700	30	92	82	87
30	1710	30	92	82	87
31	1720	30	92	82	87
32	1730	30	92	82	87
33	1740	31	92	82	87
34	1750	30	92	82	87

In der 1760. Sec. wird die Pincette wieder angelegt. In Folge verschiedener Umstände dauert es bis zur 1818. Sec., bevor die Abklemmung ordentlich stattgefunden hat. Die Abklemmung dauert bis zu der 1974. Sec., also 156 Sec. lang. Dabei beträgt der Blutdruck 28<sup>mm</sup> Hg, und die mittels eines elektrischen Signals angegebene Pulsfrequenz in 10 Sec. resp.: ? — 28 — 31 — 29 — 29 — 28 — 24 — 22 — 20 — 21 — 21 — 22 — 19 — 22 — ? — ?. In der 1974. Sec. wird die Pincette abgenommen.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
71	1974	20	136	28	—
72	1983	26	148	130	139
73	1993	29	156	138	147
74	2003	29	156	148	152
75	2013	27	156	144	150
76	2023	28	152	142	147
77	2033	30	150	136	143
78	2043	29	144	126	135
79	2053	28	134	114	124
80	2063	27	122	102	112
81	2073	27	110	92	101
82	2083	28	99	84	91 $\frac{1}{2}$
83	2093	28	91	80	85 $\frac{1}{2}$
84	3003	28	88	76	82
85	3013	29	84	76	80
86	3023	29	84	75	79 $\frac{1}{2}$

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
87	3700	29	84	78	81
88	3710	29	85	78	81 $\frac{1}{2}$
89	3720	29	84	77	80 $\frac{1}{2}$
90	4420	28	88	80	84
91	4430	28	87	80	88 $\frac{1}{2}$
92	4440	28	88	80	84
93	4660	28	87	80	83 $\frac{1}{2}$
94	4670	27	86	80	83
95	4680	28	86	78	82
96	4690	28	86	78	82
97	4700	28	86	78	82
98	4710	27	86	78	82
99	4720	28	86	80	83
100	4730	28	88	80	84
101	4740	28	88	78	83
102	4750	27	86	78	82

Zwischen der 4760. und 4770. Sec. wird die Pincette angelegt. Die vollständige Abklemmung beginnt um die 4771. Sec. und dauert 192 Sec. lang bis zu der 4963. Sec. Dabei ist der Blutdruck 26<sup>mm</sup> Hg und die elektrisch signalisirte Pulsfrequenz in 10 Sec.: ? — ? — 27 — 23 — 21 — 23 — 20 — 19 — 13 — 13 — 14 — 14 — 14 — 13 — 14 — 14 — 15 — 10 — ?.

In der 4963. Sec. wird die Pincette weggenommen. Der Blutdruck erhebt sich sogleich, ist aber bis zu der 4993. Sec. nicht messbar, weil das Manometer nicht gut schreibt. Darnach finden wir:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
103	4994	24	144	128	136
104	5004	25	143	131	137
105	5014	25	137	122	129 $\frac{1}{2}$
106	5024	26	128	112	120
107	5034	26	116	102	109
108	5044	26	103	94	101
109	5054	25	99	85	92
110	5064	24	90	76	83
111	5074	24	83	70	76 $\frac{1}{2}$
112	5084	24	76	64	70
113	5094	24	70	60	65

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
114	5470	27	78	72	75
115	5480	27	78	72	75
116	5490	26	80	74	77
117	5830	27	88	82	85
118	5840	28	88	80	84
119	5850	27	86	80	83
120	5860	28	86	82	84

Im Versuch I ist der mittlere Druck vor der Abklemmung, wahrscheinlich wegen der Narcoose, sehr niedrig, 25—33 mm Hg. Während der ersten Abklemmung, welche 115 Sec. lang dauert, sinkt der Druck auf 6—8 mm herab, erhebt sich aber nach wieder hergestellter Blutcirculation auf 116 mm Hg (Nr. 15) und sinkt dann wieder allmählich herab, so dass er vor der zweiten Abklemmung nur etwa 32 mm beträgt. Die zweite Abklemmung dauert 180 Sec. lang; 50 Sec. nach dem Beginn derselben ist der Blutdruck auf 5 mm Hg herabgesunken. Nach Fortnahme der Pincette schlägt das Herz nur langsam, der mittlere Blutdruck erhebt sich nicht höher als auf 13 mm Hg, die Herzschläge sind aber vollkommen normal und zeigen keine Spur eines Deliriums.

Im Versuch II ist vom Anfang an der mittlere Blutdruck etwa 90 mm Hg. Bei der ersten, 134 Sec. lang dauernden Abklemmung sinkt der Druck auf 30 mm Hg, und erhebt sich nach Fortnahme der Pincette auf 171 mm (Per. 10), um darnach wieder auf etwa den ursprünglichen Werth herabzusinken. Eine zweite Abklemmung von 156 Sec. Dauer zeigt ganz dasselbe: Herabsinken des Blutdruckes auf 28 mm Hg, Steigerung des mittleren Blutdruckes nach beendeter Abklemmung auf 152 mm Hg mit darauffolgender Druckabnahme auf 82 mm. Auch eine dritte Abklemmung von 192 Sec. Dauer giebt ganz dieselben Resultate.

Im Versuch I schlug das Herz nach dem Ende der ersten Abklemmung vollständig regelmässig und normal 24 Minuten, bis die zweite Abklemmung stattfand und sogar nach dieser zeigte sich das Herz fortwährend leistungsfähig. Die erste Abklemmung hat also, trotzdem der Blutdruck während derselben auf 6—8 mm Hg herabgesunken war, an und für sich keine merkbare Beschädigung des Herzens ausgeübt, was vielleicht am Besten daraus hervorgeht, dass der Blutdruck nach dem Ende der Abklemmung einen verhältnissmässig hohen Werth erreicht hat. Diese Blutdrucksteigerung ist aller

Wahrscheinlichkeit nach von einer durch die asphyctische Reizung der Gefässcentren hervorgerufenen Gefässcontraction bedingt. Bei einem wenig leistungsfähigen Herzen hätte aber diese Gefässcontraction keine derartige Drucksteigerung hervorrufen können.

Der Versuch II ist in einer gewissen Beziehung nicht gut ausgefallen: Während der Abklemmung sinkt der Blutdruck nicht genügend tief herab. Wenn trotz der um die Vorhöfe gelegten Pincette der Aortadruck 25—30<sup>mm</sup> Hg beträgt, so wird natürlich eine Blutströmung durch die Kranzgefäße stattfinden können und dieser Versuch ist also in Bezug auf die uns hier beschäftigende Frage ganz bedeutungslos. Ich habe denselben hier mitgetheilt, um zu zeigen, in einem wie hohen Grade die Reizung der Vasoconstrictoren, welche durch die Aufhebung des Kreislaufes hervorgerufen ist, das Hinüberströmen des Blutes aus den Arterien nach den Venen verhindern kann und wie in Folge dessen die Arterien, trotzdem sie keine Zufuhr aus dem Herzen erhalten, dennoch von Blut gefüllt bleiben können.

3. Im folgenden Versuch habe ich den Kreislauf nach dem Vorgange von Stefani in der Weise aufgehoben, dass ich mittels einer in das Pericardium eingebundenen Canüle Salzwasser unter einem so hohen Drucke in die Pericardialhöhle eingegossen habe, dass die Blutzufuhr nach dem Herzen aus den Venen unterbrochen worden ist. Das Thier erhielt nur Curare, weil es ja möglich wäre, dass Morphin und Atropin in irgend einer Weise die Resultate der früheren Versuche beeinflusst hätten.

Versuch III. 13. April 1892. Hund 6700 <sup>g</sup>mm. Allein Curare in subcutaner Einspritzung.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
1	0	25	176	160	168
2	10	25	178	160	169
3	20	30	173	154	163 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
4	30	?	166	132	149
5	40	31	156	130	143
6	50	31	156	146	151

In der 60. Sec. wird die Blutzufuhr zu dem Herzen durch Erhöhung des intrapericardialen Druckes allmählich aufgehoben. Der minimale Blutdruck beträgt in der 60.—70. Sec.: 48, in der 70. bis 80 Sec.: 28, von der 80. bis zum Ende der Absperrung 22<sup>mm</sup> Hg. Von der 90. Sec. an zeichnet das Manometer keine Blutdrucks-

schwankungen mehr. Der intrapericardiale Druck beträgt 23 <sup>mm</sup> Wasser. Die Absperrung dauert 146 Sec. lang und wird an der 236. Sec. aufgehoben.

Zwischen der 236. und 359. Sec. schreibt das Manometer schlecht, so dass die Pulsfrequenz nicht gezählt werden kann. An der 259 Sec. ist der Blutdruck auf 198 <sup>mm</sup> Hg gestiegen. Von der 359. Sec. an begegnen wir folgenden Werthen:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
7	359	11	158	108	133
8	369	15	144	110	127
9	379	18	140	112	126
10	389	21	136	122	129
11	399	23	130	117	123 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
12	409	27	126	114	120
13	419	28	122	112	117
14	429	27	122	112	117
15	439	27	122	110	116
16	449	28	122	108	115
17	459	28	122	113	117
18	810	30	108	100	104

Es wird noch zweimal die Blutzufuhr zu dem Herzen in derselben Weise und mit demselben Ergebniss abgesperrt. Das Herz fährt dessenungeachtet fort ganz normal zu schlagen.

Am Ende des Versuches finden wir

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
18	3030	30	100	94	97
19	3390	30	108	100	104
20	3810	30	110	104	107

Die Compression des Herzens durch Erhöhung des intrapericardialen Druckes hat 146 Sec. lang gedauert; schon nach 30 Sec. zeigten sich am Manometer keine pulsatorischen Druckschwankungen mehr: die Blutzufuhr zum Herzen war also zu dieser Zeit aufgehoben. Dennoch sinkt der Blutdruck nur auf etwa 22 <sup>mm</sup> Hg herab — was ganz wie

im Versuch II von einer durch den Erstickungsreiz bewirkten Gefäß-contraction bedingt sein muss.

Nach Ende der Absperrung steigt der Blutdruck sofort an, und zu gleicher Zeit kommt eine ausgesprochene Vagusreizung zum Vorschein — was bezeugt, dass auch das Vaguscentrum durch das Aufheben des Kreislaufes gereizt worden ist.

Es wurde noch zweimal die Blutzufuhr zu dem Herzen mit demselben Resultate aufgehoben. Trotz derselben schlägt jedoch das Herz noch ganz normal mehr als 1 Stunde nach der ersten Abklemmung.

4. Auch in diesem Versuche sank der mittlere Blutdruck nicht so tief herab, dass aus demselben eindeutige Schlüsse in Bezug auf die Bedeutung der Blutzufuhr gezogen werden könnten.

Um bestimmte Resultate zu erhalten, ging ich bei den folgenden Versuchen in einer anderen Weise zu Wege, und zwar schnitt ich gleich nach Anlegung der Pincette die eine Carotis durch; als nun das Blut frei ausströmen konnte, sank der Blutdruck auf einen sehr niedrigen Werth oder auf Null herab, und die Kranzarterien konnten also keine Blutzufuhr mehr erhalten. Die Thiere waren nur mit Curare bewegungslos gemacht.

Versuch IV. 12. September 1893. Hund, 7500 <sup>gmm</sup>. Nur Curare in subcutaner Einspritzung. Manometer in der linken Carotis; die rechte Carotis abgebunden.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
1	0	24	102	82	92
2	10	25	106	92	99

Jetzt werden die Vorhöfe durch eine fest zugeschraubte Pincette abgeklemmt und gleich nachher die rechte Carotis durchschnitten. Die Abklemmung und Blutung dauern bis zu der 137 Sec., also 117 Sec. lang. Nach 15 Sec. beträgt der Blutdruck 20 <sup>mm</sup>, nach 30 Sec. 16 <sup>mm</sup> und am Ende der Abklemmung 6 <sup>mm</sup>. Die Pincette wird in der 137 Sec. abgenommen und die rechte Carotis abgebunden. S. Tabelle S. 11.

In der 1570. Sec. werden die Vorhöfe abgeklemmt und die rechte Carotis gelüftet. Die Abklemmung und Blutentziehung dauern 146 Sec., also bis zur 1716. Sec. 15 Sec. nach der Abklemmung beträgt der Druck 14 <sup>mm</sup>, nach noch 15 Sec. ist er auf 12 <sup>mm</sup> herabgesunken. Dann finden wir an der 45. Sec.: 11 <sup>mm</sup>, an der 60. Sec.: 11, an der 75. Sec.: 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub>,

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
8	137	11	80	—	—
9	142	26	182	144	163
10	152	21	178	134	156
11	162	20	170	138	154
12	172	16	174	116	145
13	182	13	170	—	—
14	192	13	168	—	—
15	202	14	160	104	132
16	212	17	144	106	125
17	222	17	140	106	123
18	232	19	126	102	114
19	242	20	118	98	108
20	252	20	112	92	102
21	262	21	110	90	100
22	272	22	110	94	102
23	282	22	110	94	102
24	292	24	110	96	103
25	302	25	114	100	107
26	312	25	114	102	108
27	322	26	112	102	107
28	332	26	112	102	107
29	342	27	112	102	107
30	352	27	112	102	107
31	362	28	116	108	112
32	372	28	116	106	111
33	382	28	114	106	110
34	392	28	114	104	109
35	402	29	112	104	108
36	412	29	112	102	107
37	422	29	108	102	105
38	432	29	108	102	105
39	850	31	84	76	80
40	1150	32	82	74	78
41	1450	32	86	70	78
42	1570	31	86	76	81

an der 90. Sec.: 9, an der 105. Sec.: 8, an der 120. Sec.: 7 und am Ende der Abklemmung 6<sup>mm</sup> Hg. Die Pincette wird an der 1716. Sec. abgenommen und die rechte Carotis abgebunden.



Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
43	1716	12	178	—	—
44	1726	24	192	162	177
45	1736	22	174	116	145
46	1746	17	164	132	148
47	1756	19	152	126	139
48	1766	15	156	94	125
49	1776	12	138	—	—
50	1786	12	100	—	—
51	1796	13	102	—	—
52	1806	17	104	80	92
53	1816	21	96	78	87
54	1826	22	88	74	81
55	1836	23	84	70	77
56	1846	23	82	70	76
57	1856	24	80	70	75
58	1866	25	78	68	73
59	1876	26	80	68	74
60	1886	26	82	72	77
61	1896	26	82	74	78
62	1906	27	84	74	79
63	1916	26	88	80	84
64	1926	27	88	80	84
65	1936	27	86	76	81
66	1946	27	84	76	80
67	1956	27	84	76	80
68	1966	28	88	78	83
69	1976	28	88	80	84
70	1986	28	92	80	86
71	2350	31	76	68	72
72	2360	30	86	74	80
73	2370	30	90	76	83

Während der 72. Periode fängt eine Erstickung an, welche 60 Sec. lang dauert. Dabei erreicht der Blutdruck den maximalen Werth von 260 mm Hg. Nach dem Ende der Erstickung fanden wir

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
74	2440	30	176	134	155
75	2450	30	144	120	132
76	2460	29	132	112	122
77	2470	30	120	108	114

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
78	2480	30	116	104	110
79	2490	30	112	102	107
80	2500	30	108	100	104
81	2510	30	108	100	104
82	2600	30	94	90	92
83	2610	30	94	88	91
84	2620	30	94	88	91
85	2630	30	92	88	90
86	2930	30	76	68	72
87	2940	31	78	68	73
88	2950	30	80	72	76

Jetzt wird in die Pericardialhöhle 0.04<sup>grm</sup> Cocain in 1<sup>ccm</sup> physiologischer Kochsalzlösung eingegossen. Der Blutdruck beginnt sofort anzusteigen und erreicht einen sehr hohen Werth. Nach 540 Sec. finden wir:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
89	3490	28	188	176	182
90	3500	28	186	174	180
91	3510	28	182	170	176

An der 4270 Sec. nach dem Beginn des Versuches wird wieder dieselbe Menge von Cocainlösung in die Pericardialhöhle eingegossen. Der Druck erhebt sich noch weiter und wir finden in der 4500. Secunde die folgenden Werthe:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
92	4500	24	202	192	197
93	4510	25	200	188	194
94	4520	24	196	180	188
95	4530	24	190	180	185
96	4540	24	186	176	181

Dann werden die Vorhöfe nochmals abgeklemmt und die rechte Carotis gelüftet. Die Abklemmung und Blutung dauern 128 Sec., bis zur 4668. Sec. Der Blutdruck beträgt nach 15 Sec.: 16, nach 30 Sec.: 14, nach 45 Sec.: 12, nach 60 Sec.: 11, nach 75 Sec.: 10, nach 90 Sec.

10, nach 105 Sec.: 10, nach 120 Sec.: 10, und am Ende der Abklemmung 10<sup>mm</sup> Hg. Darnach finden wir

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
97	4668	11	62	—	—
98	4718	12	82	—	—
99	4728	15	94	—	—
100	4733	17	126	—	—
101	4743	21	132	116	124
102	4753	23	136	124	130
103	4763	24	140	128	134
104	4773	24	142	132	137
105	4783	24	140	130	135
106	4793	24	138	128	133
107	4803	25	136	122	129
108	4813	25	132	118	125
109	4823	24	126	114	120
110	4833	25	122	110	116

Das Thier erhält jetzt Atropin in die Pericardialhöhle, was jedoch keine Einwirkung ausübt. In der 5130. Sec. wird das Thier erstickt.

Die Pulsfrequenz hält sich dabei um 21—22 pro Sec. und der Blutdruck erhebt sich auf den Werth von 182<sup>mm</sup> Hg. 135 Sec. nach dem Beginn der Erstickung finden wir folgende Werthe:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
111	5265	24	162	138	150
112	5275	24	144	114	129

Der Versuch wird jetzt unterbrochen.

Versuch V. 17. November 1893. Hund, 5000<sup>gmm</sup>. Nur Curare in subcutaner Einspritzung. Manometer in der linken Carotis; die rechte Carotis abgebunden.

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
1	0	34	158	142	150
2	10	34	149	139	144

Jetzt werden die Vorhöfe durch eine fest zugeschraubte Pincette abgeklemmt und unmittelbar nachher die rechte Carotis durch-

schnitten. Die Abklemmung und Blutung dauern bis zu der 170 Sec., also 150 Sec. lang.

Nach 25 Sec. beträgt der Blutdruck 2<sup>mm</sup> Hg, nach 70 Sec. 1<sup>mm</sup> Hg, nach etwa 85 Sec. ist er auf 0<sup>mm</sup> Hg herabgesunken.

Die Pincette wird in der 170. Sec. abgenommen und die rechte Carotis abgebunden. Der Blutdruck steigt sofort an und erreicht innerhalb 14 Sec. den Werth von 184<sup>mm</sup> Hg. Darnach finden wir

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
3	185	36	194	166	175

Nun zeigt sich zuerst eine 50 Sec. lang dauernde Retardation der Herzschläge (Vagusreizung), nach welcher das Herz arhythmisch schlägt, indem die Herzschläge mit einer gewissen Periodicität umwechselnd frequent und langsam sind. Einige Minuten später ist die Herzthätigkeit wieder ganz regelmässig und wir erhalten

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
4	450	31	114	106	110
5	460	30	110	100	105
6	470	30	102	94	98
7	480	31	96	90	93
8	490	30	92	87	89½

In der 550. Sec. wird die künstliche Athmung unterbrochen. Der Druck steigt an und erreicht an der 595. Sec. den maximalen Werth von 234<sup>mm</sup> Hg.

Bei der in der 600. Sec. wieder eingeleiteten Athmung stellen sich folgende Werthe dar:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
9	600	20	216	168	192
10	610	29	174	144	159
11	620	32	147	126	136½
13	660	34	118	112	115
14	670	33	116	110	113
15	920	33	75	71	73
16	930	33	75	70	72½

Dann wird das Thier während 130 Sec. erstickt, wobei die Verhältnisse sich ganz wie bei der früheren Erstickung verhalten. 270 Sec. nach dem Ende dieser Erstickung finden wir:

Nr.	Laufende Zeit; Secunden	Puls in 10 Secunden	Blutdruck in der A. car.; mm Hg		
			Max.	Min.	Mittel
17	1330	30	126	122	124
18	1340	31	123	120	121 $\frac{1}{2}$

Die Pincette wird nun zum zweiten Mal angelegt und die rechte Carotis durchschnitten. Die Abklemmung dauert 200 Sec. Nach Lösung derselben stellt sich sofort Herzdelirium ein und das Thier stirbt.

Im Versuche IV dauert die erste Abklemmung und Blutung 117 Sec. Dabei ist der Blutdruck nach 30 Sec. auf 16<sup>mm</sup> und am Ende der Abklemmung auf 6<sup>mm</sup> Hg herabgesunken. Nach Ende derselben erreicht der Blutdruck einen sehr hohen Werth und sinkt dann wieder herab.

Die zweite Abklemmung und Blutung dauert 146 Sec., wobei der Druck nach 30 Sec. auf 12<sup>mm</sup>, nach 45 Sec. auf 11, nach 90 Sec. auf 9 und am Ende der Abklemmung auf 6<sup>mm</sup> Hg herabgesunken ist. Bei wiederhergestelltem Kreislauf stellen sich die Verhältnisse ganz wie nach der ersten Abklemmung dar.

Eine 60 Sec. lang dauernde Erstickung treibt den Blutdruck auf den hohen Werth von 260<sup>mm</sup> und in der 2950 Sec. (2800 Sec. nach dem Ende der ersten Abklemmung und Blutung) ist der mittlere Druck noch 76<sup>mm</sup> hoch. Die beiden Abklemmungen haben also — trotz des dabei stattfindenden niedrigen Druckes — die Leistungsfähigkeit des Herzens gar nicht herabgesetzt.

In der 2960. Sec. wird in der Pericardialhöhle 0.04<sup>grm</sup> Cocain in 1<sup>ccm</sup> Salzwasser eingegossen, in Folge dessen der Blutdruck erheblich ansteigt. Bei jetzt in der 4550. Sec. vom Beginn des Versuches an gerechnet stattfindender, 128 Sec. lang dauernder, Abklemmung und Blutung finden wir den Blutdruck nach 30 Sec. auf 14, nach 75 Sec. auf 10<sup>mm</sup> Hg herabgesunken. Nachdem der Kreislauf wieder hergestellt worden ist, steigt der Druck wieder auf einen ziemlich hohen Werth an. 5138 Sec. nach dem Ende der ersten Abklemmung und Blutung wird der Versuch unterbrochen, der mittlere Blutdruck ist dabei noch 129<sup>mm</sup> Hg.

Im Versuche V sinkt der mittlere Blutdruck bei der ersten Abklemmung und Blutung innerhalb 25 Sec. auf 2<sup>mm</sup> Hg und später, nach etwa 60 Sec., auf 0<sup>mm</sup> Hg herab. Die Abklemmung und

Blutung dauern 150 Sec. Gleich nach dem Ende derselben erhebt sich der Blutdruck wieder und erreicht innerhalb 14 Sec. den Werth von 184 mm Hg. 1180 Sec. nach dem Ende der Abklemmung schlägt das Herz vollkommen normal; der mittlere Blutdruck ist dabei noch etwa 122 mm Hg.

5. Ich stelle die Versuche übersichtlich zusammen:

Versuch	Mittlerer Blutdruck vor der ersten Abklemmung; mm Hg	Dauer der ersten Abklemmung; Secunden	Druckmin. während der ersten Abklemmung; mm Hg	Druckmax. nach der ersten Abklemmung; mm Hg	Das Herz bleibt nach der ersten Abklemmung leistungsfähig wenigst. Sec.	Mittlerer Blutdruck am Ende des Versuches; mm Hg
I	38—25	115	6	121	1596	32
II	88—92	134	30	182	5664	84
III	143—169	146	22	158	3584	107
IV	92—99	117	6	260	5138	129
V	144—150	150	0	234	1180	122

In Cohnheim's und v. Schulthess-Rechberg's Versuchen über die Folgen der Kranzarterienverschliessung für das Herz, welche Versuche die Lehre von der Wirkung eines wirklichen Herzgiftes, das sich während des Verschlusses des Kranzarterienastes gebildet hätte, begründeten, hat der steile Abfall des Blutdruckes und der Herztod bei Verschluss der grösseren Kranzarterienäste in 4 Versuchen in den folgenden Zeiträumen stattgefunden:

1. Vers. vom 18. März 1881. Die Ligatur am R. descend. cor. sin. 10 mm vom Ursprung aus der Aorta. Der steile Abfall erfolgt 95 Sec. nach der Ligatur.

2. Vers. vom 7. März 1881. Ligatur des R. descend. 18 mm vom Ursprung. Herzstillstand nach 125 Sec.

3. Vers. vom 5. Februar 1881. Ligatur des R. desc. und der ihn begleitenden Venen. Herzstillstand nach 90 Sec.

4. Vers. vom 14. Februar 1881. Ligatur des R. circumflexus 12 mm vom Ursprung. Herzstillstand nach 75 Sec.

Die Zeit, innerhalb welcher die Ligatur eines grösseren Kranzarterienastes zum Herzstillstand führte, schwankt also zwischen 75 und 125 Sec. oder beträgt „durchschnittlich kaum zwei Minuten“ (Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg).

Bei meinen Versuchen war der ganze Kreislauf 115—150 Sec. lang vollständig aufgehoben und in keinem einzigen Falle trat das Herzelirium ein, weder während noch nach der Abklemmung, trotz

dem das Thier mindestens 1180 Sec. darnach beobachtet wurde. Die Versuche II und III sind zwar, wie schon oben bemerkt ist, von keiner Bedeutung in dieser Hinsicht, die anderen Versuche sind aber um so beweisender.

Man könnte allerdings bemerken, dass der mittlere Blutdruck im Versuch I sehr niedrig ist und dass also, wie schon Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg hervorheben, dies hypothetische Herzgift, wegen zu schwacher Herzcontractionen, in einer zu geringen Menge gebildet worden sei. Diese Bemerkung trifft aber für die Versuche IV und V nicht zu: hier ist der Druck vor der Abklemmung 92—99, bezw. 144—150<sup>mm</sup> hoch, und doch ist das Herz, nach einer 117 bezw. 150 Sec. dauernden Abklemmung, vollständig leistungsfähig. Und in diesen Versuchen sinkt während der Abklemmung der mittlere Blutdruck schnell auf einen sehr niedrigen Werth herab.

Ich kann daher nichts anderes finden, als dass diese Versuche, wie übrigen Untersuchungen von mehreren früheren Autoren ganz bestimmt zeigen, dass derjenige Herzstillstand, den Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg beobachtet haben, nicht durch die Anämie eines umschriebenen Theiles der Herzwand, sondern durch Nebenverletzungen bedingt ist.

# Die Entdeckung des Lymphgefäßsystemes.

(Olaus Rudbeck d. ä. und Thomas Bartholinus.)

Von

Robert Tigerstedt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm).

Die Geschichte von der Entdeckung des Lymphgefäßsystemes ist mehrmals geschrieben worden, zuletzt von His (1874<sup>1</sup>). Niemand zweifelt daran, dass Aselli die Chylusgefäße und Pecquet den Brustgang und die Cisterna chyli entdeckt hat. Dagegen ist es noch nicht vollständig entschieden, welchen Antheil bei der Entdeckung der eigentlichen Lymphgefäße den beiden Nebenhülfen, Thomas Bartholinus und Olaus Rudbeck, zuerkannt werden muss. Die vorliegende Untersuchung bezweckt, diese Frage nach den Originalquellen zu beantworten.

## Erstes Capitel.

Olaus Rudbeck d. ä. und seine *Nova exercitatio anatomica exhibens ductus hepaticos aquosos et vasa glandularum serosa*.

Als zehntes unter den Kindern des Bischofs Johannes Rudbeck wurde Olaus Rudbeck im Jahre 1630 in Westerås geboren. Immatriculirt in Upsala 1647, widmete er sich mit besonderem Eifer anatomischen und physiologischen Studien, welche er anfangs unter der Leitung der Professoren Stenius und Franck<sup>2</sup> betrieb. Es dauerte jedoch nicht lange, so hatte der junge Student seine Lehrer erreicht

<sup>1</sup> His, Ueber die Entdeckung des Lymphsystems. *Acad. Programm*. Leipzig 1874.

<sup>2</sup> Vgl. Atterbom, Minne af Olof Rudbeck d. ä. *Svenska akademiens handlingar*. Bd. XXIII. S. 313—333. 1850.



und setzte nun seine Untersuchungen mit grossem Erfolge selbstständig fort.

Im October und November 1650, sowie im Januar, Februar, März, April, September, October und November 1651 war Rudbeck mit dem Studium der Chylusgefässe und besonders mit der Frage beschäftigt, ob derartige Gefässe nach der Annahme der Anatomen die Vena portae begleiteten und in die Leber hineinträten. Diese Frage besass damals ein grosses Interesse, denn seit Aselli's Entdeckung der Chylusgefässe nahm man an, dass die Aufsaugung der Nahrung vom Darne aus ausschliesslich durch dieselben erfolge, und da die Leber für das Organ der Blutbereitung gehalten wurde, war es ein „physiologisches Postulat“, dass die Chylusgefässe in die Leber einmündeten. Als aber Rudbeck um die Vena portae und den Ductus choledochus eine Ligatur anlegte, bemerkte er Gefässe, welche zwischen der Leber und der Ligatur anschwellen, jenseit der Ligatur aber zusammenfielen. Sie konnten daher keine Chylusgefässe sein, welche der Leber Flüssigkeit zuführten; dies wurde dadurch bestätigt, dass beim Oeffnen der Ligatur die zwischen ihr und der Leber gestaute Flüssigkeit gegen den Pancreas hin schnell wegfloss; wurde die Ligatur wieder zugezogen, so schwellen diese Gefässe wieder an. Rudbeck glaubte anfangs, dass die in diesen Gefässen eingeschlossene Flüssigkeit etwas für den Körper Schädliches sei, das nach dem Pancreas strömte, um durch den Ductus Virsungianus in den Darm getrieben zu werden. Wie er später zu einer richtigeren Auffassung kam, werde ich bald besprechen.<sup>1</sup>

Bei den meisten oder fast allen Thieren, die er secirte, fand indessen Rudbeck einige Gefässe, welche von dem grösseren Lobus der Leber ausgingen und sich der Vena cava eng anschlossen; er fasste sie anfangs als Chylusgefässe auf, bis er durch oft wiederholte Beobachtungen fand, dass auch sie keine Chylusgefässe waren, sondern nur eine Flüssigkeit von der Leber fortleiteten<sup>2</sup>. Bei diesen Versuchen waren Professor Olaus Stenius, Johannes Rudbeck, der Bruder von Olaus, damals Professor der Theologie, der Schulrektor Johann Tenstadius, der Depositor Claudius Saebenius, der Student Erich Voug u. A. anwesend<sup>3</sup>.

Zu derselben Zeit machte Rudbeck andere wichtige Entdeckungen. Im Jahre 1650 sah er sich das Schlachten eines Kalbes an. Die Jugularvenen, die Carotiden, die Trachea und der Oesophagus waren bereits durchschnitten und die Eingeweide sollten herausgenommen

<sup>1</sup> Rudbeck, Ductus hep. aquos. Cap. I. — Epistola. S. 11, 12.

<sup>2</sup> Rudbeck, Ductus hep. aquos. Cap. II. — Insidiae structae, S. 30.

<sup>3</sup> Rudbeck, Epistola. S. 13. 14.

werden. Rudbeck, welcher gerade auf's Höchste interessirt war zu beobachten, wie sich das Herz nach der Entblutung des Thieres noch bewegte, bemerkte da, als der Metzger die Eingeweide in die Hand nahm, dass eine milchähnliche Flüssigkeit am Jugulum herausfloss. Jetzt trat er selbst hinzu, zog die Aorta nach rechts und sah dann ein Gefäss, welches mit einer Flüssigkeit von demselben Aussehen gefüllt war, wie die, welche am Jugulum herausrann. Nachdem er die Aorta weggeschnitten hatte, lag das ganze Gefäss bloss, mit Ausnahme der Einmündungsstelle, welche wegen des schon stattgefundenen Zerhackens des Thieres nicht mehr entdeckt werden konnte. Nach der Bauchhöhle zu communicirte dieses Gefäss, wie er weiter beobachtete, mit einer kleinen, von wässriger Milch angefüllten Blase.

Im folgenden Jahre (1651) legte Rudbeck bei einer Katze zwei Ligaturen an, die eine oberhalb der Ansammlung von Lymphdrüsen, welche von Aselli Pancreas genannt wurde, die andere unterhalb derselben, da, wo das Mesenterium am Rückgrat befestigt ist. Darnach öffnete er die Brusthöhle, sah dort das gleiche Gefäss, das er ein Jahr vorher am Kalbe bemerkt hatte, und legte eine Ligatur um dasselbe. Nun öffnete er die Ligatur unterhalb der Lymphdrüsen; und es floss Chylus in eine kleine, zwischen dem Zwerchfell und den Nieren hinter der Vena cava und Aorta liegende Blase. Hierauf schnürte er diese Ligatur zu und öffnete die oberhalb der Lymphdrüsen angelegte: die Chylusgefässe wurden wieder gefüllt und entleerten sich auf's Neue in die kleine Blase, wenn die erstgenannte Ligatur gelockert wurde. Hiernach schnitt er die rechte Herzkammer weg, legte eine Ligatur um die Axillar-<sup>1</sup> und Jugularvenen, drückte das Blut sorgfältig aus diesen heraus und öffnete die um den Brustgang gelegte Ligatur: nun floss Chylus durch den Brustgang in die V. axillaris, und zwar bei deren Vereinigung mit der V. jugularis. Endlich strömte die Flüssigkeit durch die V. cava in die rechte Herzkammer.<sup>2</sup>

Am 27. Januar 1651 untersuchte Rudbeck die Vv. haemorrhoidales bei einem Hunde und fand dabei einige mit Serum gefüllte, unter Colon und Rectum liegende Gefässe, welche die in ihnen enthaltene Flüssigkeit nach der Cisterna chyli führten.<sup>3</sup>)

Am 8. Februar desselben Jahres sah er bei einem Kalb und einem Schaf eine grosse, dicht am Oesophagus liegende Drüse, welche

---

<sup>1</sup> Rudbeck macht keinen Unterschied zwischen V. axillaris und V. subclavia.

<sup>2</sup> Rudbeck, Ductus hep. aquos. Cap. III.

<sup>3</sup> Rudbeck, Ductus hep. aquos. Cap. VI.

mit einem langen, von Serum prall gefüllten Gefäss communicirte, das er anfangs für den Brustgang hielt. Da er diesen aber bald darauf etwas weiter unten entdeckte, wurde ihm also sein Zweifel benommen.

Den 6. März 1652 sah er bei zwei Schafen während einer Untersuchung der Anastomosen der Venae und Arteriae spermaticae zahlreiche helle, knotige, mit Serum gefüllte Gefässe, welche in die Cisterna chyli einmündeten.<sup>1</sup>

Im April 1652 besuchte die für alle wissenschaftlichen Forschungen lebhaft interessirte Königin Christina Upsala. Sie liess sämtliche Professoren zusammenrufen, um sich über die akademischen Studien zu unterrichten, und erhielt bei dieser Gelegenheit durch Professor Olaus Stenius von den Entdeckungen Rudbeck's Kenntniss. Sie war davon so interessirt, dass sie für den folgenden Tag die Anstellung einer anatomischen Demonstration im Königl. Schloss anbefahl. In Gegenwart der Königin und ihres ganzen Hofes, der Königl. Aerzte Palmeron, v. Wullen und Bromsius sowie zahlreicher Studirender, hielt Stenius einen Vortrag über die Dinge, welche von Rudbeck an einem Hunde demonstrirt wurden, und hob dabei die Bedeutung von Rudbeck's Entdeckungen hervor. Da die Königin es wünschte, die Bewegungen des Herzens und der Arterien bei einem lebendigen Thiere zu beobachten, wurde die Brusthöhle geöffnet und der Brustgang vorgezeigt. Nachdem die Hohen Herrschaften dies genau betrachtet hatten, wurde die Bauchhöhle geöffnet. Die Lymphgefässe der Leber traten dabei sehr schön hervor; dagegen gelang es Rudbeck, wegen der allzu reichlichen Fettmenge, diesmal nicht, die Cisterna chyli zu zeigen. Die bei der Section anwesenden Königl. Aerzte theilten nun Rudbeck mit, dass Pecquet den Brustgang und die Cisterna chyli schon früher entdeckt und beschrieben hatte. Erst im Juni desselben Jahres erhielt Rudbeck durch Dr. Palmeron die Arbeit Pecquets.<sup>2</sup>)

Bei derselben Gelegenheit zeigte Rudbeck der Königin, ausser Abbildungen von Pflanzen, ein Phantom der Arterien und Venen des menschlichen Körpers, und die Königin bot ihm an, nach Stockholm zu kommen, um sich zu einer Studienreise in's Ausland, wozu sie ihm die Mittel geben wollte, vorzubereiten. Rudbeck bat aber, noch einige Zeit in Upsala bleiben zu dürfen, um erst eine von ihm geplante Abhandlung über den Kreislauf des Blutes niederschreiben. Dies wurde bewilligt. Im April und Mai arbeitete er nun hauptsächlich daran, die richtige Einmündungsstelle der Lymphgefässe der Leber zu finden.

<sup>1</sup> Rudbeck, *Ductus hep. aquos.* Cap. VI.

<sup>2</sup> Rudbeck, *Insidiae structae.* S. 73. — *Epistola.* S. 18—20.

und beobachtete endlich, dass sie nicht nach dem Pancreas verliefen, sondern in die Cisterna chyli einmündeten.<sup>1</sup>

Nachdem er am 26. Mai 1652 unter dem Präsidium von Stenius seine Dissertation *De circulatione sanguinis* öffentlich vertheidigt und dort in einer These der Leber jeden Antheil bei der Blutbereitung abgesprochen hatte,<sup>2</sup> begab sich Rudbeck nach Stockholm. Seine Abbildungen von dem Brustgang und den bis dahin von ihm entdeckten Lymphgefässen zeigte er zuerst Bourdelot, später der Königin und den Aerzten Palmcron, Belovius und Anderen.<sup>3</sup> Zu gleicher Zeit wurde er von dem Theologen, Professor Stigzelius dringend aufgefordert, seine Ergebnisse zu veröffentlichen; er aber hielt es für besser, damit noch zu warten, um seine Resultate noch mehr vervollkommen zu können.<sup>4</sup>

Die Tafeln übergab er jedoch schon damals Erich Unger, welcher sie in Kupfer stechen sollte. Da dieser aber mit seiner Arbeit nicht fertig wurde, nahm er sie ihm wieder weg und gab sie dem Magnus Celsius, der sie auch gravirte.<sup>5</sup>

Während des ganzen Sommers 1652 lebte Rudbeck zusammen mit Bourdelot am Hofe und kehrte erst im Herbst nach Upsala zurück.<sup>6</sup> Hier entdeckte er nun am 19. October 1652 bei einer Katze Lymphgefässe, welche die Lumbalvenen begleiteten und deren Zweige, zwischen den Musculi transversi und obliqui zerstreut, sich über einen grossen Theil der Bauchwand erstreckten.<sup>7</sup>

Am 30. October entdeckte er bei einem Hunde zwei Drüsen „circa connexionem pulmonum et cordis mediante mediastino sitas“ und gleichzeitig ein in Zusammenhang mit diesen stehendes Gefäss, das hinter dem Herzen direct in den Brustgang einmündete.<sup>7</sup>

Endlich fand er am 27. April 1653 hinter dem Brustbein an den Schlüsselbeinen kleine Lymphdrüsen, von welchen zwei Aeste nach dem Brustgang führten.<sup>7</sup>

Bei seinen Untersuchungen hatte Rudbeck gegen 400 Thiere geopfert und war von der Richtigkeit seiner Ergebnisse fest überzeugt.<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Rudbeck, *Duct. hep. aquos.* Cap. I. — *Epistola.* S. 21—23.

<sup>2</sup> „An hepar sit sanguificationis organum? Negatur.“

<sup>3</sup> Rudbeck, *Epistola.* S. 25—27. — *Ins. struct.* S. 6.

<sup>4</sup> Rudbeck, *Ins. struct.* S. 9.

<sup>5</sup> Rudbeck, *Ins. struct.* S. 6.

<sup>6</sup> Rudbeck, *Ins. struct.* S. 75. 76.

<sup>7</sup> Rudbeck, *Duct. hep. aquos.* Cap. VI.

<sup>8</sup> Rudbeck, *Ins. structae.* S. 97: „Possum tibi in conscientia affirmare, me spatio quasi quatuor annorum praeterpropter quadringenta animalia incidisse, nescio qua voluptate me rapiente ad hoc studium.“

Daher glaubte er nun, seine Entdeckungen der gelehrten Welt mittheilen zu müssen. Da er jetzt aber auch seine Reise in's Ausland antreten musste, schrieb er die ganze Abhandlung in der kurzen Zeit von 14 Tagen.<sup>1</sup> Man hat ihm vorgeworfen, dass die Sprache in derselben schlecht sei, und dürfte es von Interesse sein zu hören, was er darauf antwortete: „Anatomicus sum, non orator. Illius est res dare et sine fuco: neque enim oculi se falli patiuntur. Hujus vero, verba dare et capere aures.“<sup>2</sup>

Nachdem ich nun mit Hilfe der Originalquellen den geschichtlichen Entwicklungsgang der Entdeckungen Rudbeck's dargestellt habe, werde ich die kurze Abhandlung, in welcher er dieselben zusammenfasst, näher erörtern.

Der Titel dieser Abhandlung lautet: *Nova exercitatio anatomica, exhibens ductus hepaticos aquosos et vasa glandularum serosa, nunc primum inventa, aeneisque figuris delineata, ab Olao Rudbeck sueco.* Die Arbeit ist in Westerås gedruckt und umfasst, ausser der Dedication an Axel Oxenstjerna und der Tafelbeschreibung, 36 nicht-paginirte Seiten in kl. 4<sup>o</sup>, sowie, nach Sitte der damaligen Zeit, ein Gratulationsschreiben von Rudbeck's Bruder Nicolaus Rudbeck; sie ist von zwei Tafeln begleitet, von denen die erste die Lymphgefässe der Leber und die Chylusgefässe zeigt, während die zweite halbschematisch sämmtliche von Rudbeck entdeckte Lymphgefässe darstellt.

Was sogleich die Aufmerksamkeit des Lesers erregt, ist der bestimmte Unterschied, den Rudbeck zwischen den Lymphgefässen der Leber und den übrigen Lymphgefässen macht. Obgleich er von diesen sagt, dass sie hinsichtlich ihrer „substantia, temperie, qualitate, figura et communione“ mit denen der Leber vollständig übereinstimmen, behandelt er doch beide gesondert für sich und giebt ihnen sogar verschiedene Namen, indem er die Lymphgefässe der Leber *Ductus hepatici aquosi* und die übrigen *Vasa glandularum serosa* nennt. Seine Abhandlung zerfällt daher in zwei Theile. Im ersten Theil behandelt er die Lymphgefässe der Leber, im zweiten die übrigen Lymphgefässe des Körpers. Jeder Theil besteht aus fünf Capiteln, nämlich 1. von der Zeit der Entdeckung; 2. vom Namen, Aussehen u. s. w. dieser Gefässe; 3. von der physiologischen Aufgabe dieser Gefässe und der in

<sup>1</sup> Rudbeck, *Ins. structae*. S. 100.

<sup>2</sup> Rudbeck, *Ins. structae*. S. 100.

ihnen enthaltenen Flüssigkeit; 4. von deren Bedeutung für die praktische Medicin; 5. von der Präparationsweise.<sup>1</sup>

In meinem Bericht über die Arbeit Rudbeck's werde ich diesen gekünstelten Unterschied zwischen den verschiedenen Lymphgefässen nicht machen, da derselbe wahrscheinlich nur in der grossen Bedeutung, die man den damals hypothetisch angenommenen Chylusgefässen der Leber beimass, seinen Grund hatte. Ich werde dagegen, so weit möglich, das Zusammengehörige hier zusammenhalten und beginne mit Rudbeck's in technischer Hinsicht so interessanten Darstellung der Präparationsweise, die ich mit seinen eigenen Worten bringe.

„Qui itaque in haec inquirere volet, canem, felem, vel vulpem sumat (quia in ovibus et vitulis inquisitu difficilimum, propter intestinorum multitudinem) et abdomine aperto, ablatoque vel supra thoracem reflexo omento, ligaturam inter ventriculū et hepar faciat, in mesenterii parte, hepar ventriculo ac intestinis connectente (quae in omnibus fere animalibus, omnimode libera est), et intra se, venam portae cum ductu colidocho continuente ac ducente; mox videbit a jecore ad ligaturam ductus aquoso humore intumescere, qui post horam vel alteram flavescunt. Liberatis deinde intestinis a lobo hepatis infimo, reni dextro adnexo, et illis ab sinistram reflexis, separet intestinum colon a lumborum vertebra, et venas lacteas cum vena porta immediate sub pancreate glanduloso (= die Sammlung von Lymphdrüsen im Mesenterium), in ea mesenterii parte quae intestina dorso allegat, currentes liget; postea thoracem aggrediatur, sternoque avulso, ductum 'chyliferum, prius evacuata vesicula filo constringat, eodemve modo alteram extremitatem in abdomine ano prospicientem vinciet, ne vasa serosa eo tendentia vesiculam impleant; quamvis interdum ligatura non opus sit; solet enim plerumque ille humor serosus in vasis glandularum stagnare. Aliam quoque in mesenterio prope vesiculam chylosam faciet ligaturam, et conspiciet, laxata prima, inter hepar et ventriculū injecta, glandulam illam ductus hos recipientem, et illos ipsos, usque ad ligaturam hanc inferiorem, humore gravatos; postea aperto hoc inferiore ligamine, tota vesicula eodem humore implebitur, et si ligamen, ductum chyliferum constringens, paulo supra vesiculam, in thorace solveris, vesiculam evacuatam, et humorem, venam axillarem ipsumque cor (ligatis prius venis omnibus ad jugulum, dextroque ejus ventriculo dissecto) ingressurum videbis. Postmodum, si vesiculam quoque chylo impletam intueri velis, illud astringenti tibi in thorace ad vesiculam filum, et laxanti, circa pancreas venarum lactearum ligamen, eveniet. Sic, alternatim

<sup>1</sup> Rudbeck, Duct. hep. aquos. Cap. I. De occasione inveniendi nova haec vasa (die Lymphgefässe der Leber); Cap. II. De nomine, substantia et origine horum vasorum; Cap. III. De usu horum ductuum hepaticorum, eorundemque humoris actione; Cap. IV. De utilitate hujus scientiae in medicina; Cap. V. De modo sectionis; Cap. VI. Notans tempora, quibus vasa glandularum serosa inventa sunt; Cap. VII. De nomine, substantia, origine etc. horum vasorum; Cap. VIII. De horum vasorum, eorundemque humoris usu; Cap. IX. De hujus cognitionis utilitate quoad praxin medicam; Cap. X. De modo haec vasa serosa investigandi.

apertis iterumque contractis ligaturis, humore aquoso et chyloso vesica elevabitur“ (Cap. V).

— — — „In felibus, canibus, vulpibus, ovis, capris, etc. sectionem instituere poteres vivis vel mortuis, sed cave ne in vivis sanguine obruaris, in mortuis autem ne humor vasorum cito dissipetur. Deinde illa animalia quae multo pinguedine abundant sumas cave, ne incassum labores, quamvis interdum succedere poterit.“

„Sic aperto abdomine, si animus fuerit illa vasa inspicere, quae glandulas cruralibus venis adnatas, pro origine habent, mesenterium a lumbis caute separato, illudque una cum vena cava et arteria aorta ad illorum divaricationem circa os sacrum, legamine constringito, et statim vasa intumescere cernas, modo opportuno tempore, et citra aliquam meatuum vel mesenterii fracturam fiat.“

„Eadem quoque ligatura, reliqua, quae inter colon, intestinum rectum et os sacrum feruntur, videri possunt.“

„Si vero illa intueri placet, quae venas lumbares concomitantur, atque sinunt abdominis musculos occultare ramulos suos: mesenterii saltem partem, quae proxime venae cavae est, exactissime, a lumborum musculis segreges, ac ligaturam supra illud ipsum et venas ac arterias lumbares institutas, quibus rite administratis, ramuli succo pleni inter vinculum et musculos apparebunt.“

„Delectaris forsitan illa quoque vasa serosa intuspicere, quae in thorace prostant; admoveas itaque cultrum et sternum ad claviculos ferme separe, illudque reflectas, postea in omnem pinguedinem una cum mediastino, thymo suffultam, prope hiatum ductus chyli in jugularis cavitatem, vinculum admoveas; quod praestitum, tibi illarum a glandulis esse originem manifestabit.“

„Eodem negotio ea videre poteris vasa, quae a pulmonum ac pericardii glandulis scaturiunt, dum modo cor atque pulmones ad dextrum reflexeris: illic vero nullum certum pro ligatura locum assignare queo, si mox non apparuerint, solent tamen multoties sine illa cerni, quod etiam in reliquorum investigatione fieri solet“ (Cap. X).

Die anatomische Beschreibung Rudbeck's von den Lymphgefäßen ist so concis und treffend, dass es ohne Zweifel am richtigsten ist, auch hier seine eigenen Worte anzuführen.

Ductus hepatici aquosi. — — „*Substantia* horum ductuum, quantum oculis intueri datur, membranosa est et quidem simplicissima eorum tunica, quandoquidem cultello anatomico in plures cortices dividi nequit, ut quae saepissime ne quidem hujus aciem ferit. Proinde hi ductus quoad substantiam a venis lacteis non differunt.“

— — „*Originem* ducant ab hepate. Num autem intra ejus parenchyma, dispersis ramulis, ad portae truncum extra hepar uniantur, mihi sufficienter perspectum esse diffiteor, nam aciem cultelli quasi subterfugiunt, et minutissimo stylo, flatuque syphonis, sursum ad jecur, propter infinitas valvulas deorsum spectantes indagari nequeunt. Hepar egredientes tam superius quam inferius, venae portae et ductus cholidoci latera prorepunt, deorsumque tendunt sub vena cava prope pancreas carnosum, duodeno et ventriculo adnexum. — — Perplurimi horum ductuum, ac interdum omnes, glandulam quandam ingrediuntur, ramulis dispersis, atque deinde cum reliquis eandem praetervectis, in vesiculam chyli, sitam inter renes, sub vena cava et arteria aorta sese insinuant. Unus horum ductuum, immo aliquoties plures, praecipue in felibus, divisus ramulis, vesicam

fellis ab extra integunt, atque junctim cum reliquis hepaticis, eodem itinere deorsum procedunt. Maxime quoque notabile, quod mihi ter videre contigit, paulo supra chyli vesiculam, sub glandula hac aquosa, manifestam anastomosin, hosce inter ductus hepaticos, et duas vel tres lactearum venas dari. Facta etenim ad chyli vesiculam ligatura, humor per ductus hepaticos descendens, a ligamine reverberatus, sursum per lacteas usque ad pancreas glandulosum adscendebat; iterumque laxato ligamine deorsum fluctuans vesiculam chylosam implebat.“ —

„*Situm* super et subter venam portae, ab hepate ad vesiculam chyli, inter duplicaturam partis mesenterii, hepar et intestina dorso connectentis, nacti sunt.“

„*Numero* in omnibus variant: interdum duo, tres, quinque vel decem: aliquoties viginti reperiuntur, et quo pauciores eo plerique majores sunt: quo plures eo minores.“ —

„*Figuram* ipsis rotundam, fistulosam ac mirabiliter nodosam, ob contentas valvulas, concessit natura. Nam inter valvulas ab humore extumescunt: ad illorum vero sedem contrahuntur.“

„*Colorem* proprium haud alium quam membranae ac tunicae obtinent, verum sicut venae sanguinis gratia rubescunt, sic et hi diversimode ad contenti humoris colorem relucent“ (Cap. II).

Vasa glandulorum serosa. — — „De illorum *substantia*, *temperie*, *quantitate*, *figura*, *communione* nihil singulare occurrit. Sunt enim ex membranis conflata, intus infinitas habentia valvulas, exterius nodosa, etc., quibus omnibus ductuum hepaticorum naturam repraesentant.“

„*Originem et situm* simul considerare visum fuit, cum hi canales in diversas corporis partes sese quasi insinuant. Quae enim ad jugulum inveniuntur, ramulos sub sterno inter pinguedinem et venas, mediastino suffultas, spargunt, ubi glandulam unam vel alteram circa sterni principium ingressi conjunguntur, et unum (aliquando duos) constituunt tubulum, qui venae axillari supravectus, ductus chyliiferi conjunctione circa finem gaudet. Hic porro tubulus aliquando visus est, alium substantia similem, a costis dextris venae axillari dextrae incumbentem admisisse.“

„Illi autem serosi ductus, qui cordis latus sinistrum occupant, rivulos pericardio ejusque pinguedine, et mediastino committunt, inde glandularum parvularum auxilio uniti, arteriam aortam trajicientes ramulo ductui chyliifero inhiant.“

„Alii vero, qui multa ramulorum copia, inter musculos transversos et obliquos abdominis propullant plerumque sine glandula visi, duorum fere digitorum transversorum spatio, a vena cava, uniuntur, et lumbarium vasorum consortio gaudentes, vesiculam chylosam ingrediuntur. Situm obtinent inter peritonaei tunicas, quantum quidem mihi inspicere concessum.“

„Qui deinde tubuli, sero pleni venas cruales comitantes vesiculam chylosam sub vena cava, oculis excipiunt, glandularum duarum vel trium substantiam, inguina occupantium, tam extra, quam intra amplexantur. Horum ductuum magnitudinem reliquorum antecessisse in omnium animalium anatome comperi.“

„Denique vasa serosa deorsum sub intestino colon progredientia, oriri videntur inter os sacrum et intestinum rectum ramulis aliquibus inter pinguedinem sparsis, qui paulo infra divaricationem venae cavae in cruales, juncti, supra illarum superficiem procedunt, atque tandem cum reliquis serosis vasis vesiculam adoriuntur.“



„Illud autem serosum vas, quod in vitulis et ovibus sub oesophago conspicitur, multis radicibus oritur, a glandula quodam magna et oblonga, quam natura oesophagi lateribus prope diaphragma apposuit, inde sursum recta fertur et sese oculis ductui chyliifero conjungit.“

„Numero, nunc plura, nunc pauciora, modo minora, modo majora apparent.“

„Colorem, sortita sunt aqueum, quem a succo per illorum substantiam transparente, mutuarunt“ (Cap. VII).

Aus diesen Beschreibungen und den denselben begleitenden Tafeln geht hervor, wie genau Rudbeck seinen Gegenstand durchgearbeitet hat; unter den Einzelheiten will ich hier den Nachweis der Klappen in sämtlichen Lymphgefäßen besonders hervorheben.

Auch die physiologischen Beobachtungen, die Rudbeck mittheilt, verdienen das höchste Lob: er fand, obgleich er dies in seiner Arbeit nur ganz kurz erwähnt und in einer 1654 erschienenen Schrift nur gelegentlich davon spricht, dass die in den Lymphgefäßen strömende Flüssigkeit einen salzigen Geschmack hat und dass sie gerinnt.<sup>1</sup> Eine genauere Kenntniss von der chemischen Beschaffenheit der Lymphe war zu dieser Zeit kaum möglich.

Nicht gern geht Rudbeck daran, die Frage bezüglich der physiologischen Aufgabe dieser Gefäße und der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit näher zu erörtern. Selbst sagt er davon „ne tamen omnimode illa (die physiologische Aufgabe der Gefäße) sicco pede praeterirentur, aliqua movenda, in illorum lucem, proferre apud memetipsum demum constitui“ (Cap. III). Wie schon genannt, glaubte man zu dieser Zeit, dass die Nahrung nur durch die Chylusgefäße aufgesogen würde. Da nun Rudbeck gefunden hatte, dass keine Chylusgefäße nach der Leber gehen, trat er derselben Auffassung bei, die schon Pecquet durch die Entdeckung des Brustganges ausgesprochen hatte, dass nämlich die Leber kein blutbereitendes Organ sei. Was ist aber dann die physiologische Aufgabe der Leber? Rudbeck's Antwort lautet: 1. das Blut von der Galle zu befreien; sowie 2. wie durch eine Filtration das Blut von der betreffenden wässerigen Flüssigkeit zu befreien und dann durch ihre Lymphgefäße dieselbe an die Cisterna chyli abzugeben. (Cap. III).

Ueber die eigene Natur dieser Flüssigkeit spricht Rudbeck ein paar Annahmen aus, fügt aber hinzu: „itaque certum aliquod et determinatum de hujus humoris usu, nisi longa experientia comprobatum, statuere difficillimum.“

<sup>1</sup> Rudbeck, Ins. structae. S. 104. „Nam saepe ad oculum patet hunc liquorem stagnare et coagulari. Experti non semel sumus vasculo exceptem instar gelatinae condensari. Fuisse quoque salsam lingua docuit.“

Von den übrigen Lymphgefässen und ihrer Aufgabe sagt Rudbeck mit Bestimmtheit nur, dass sie von den verschiedenen Theilen des Körpers aus Flüssigkeit nach den Höhlen und Gängen des Milchsaftes führen; bezüglich der Herkunft der Flüssigkeit selbst und der Verrichtungen der Lymphdrüsen stellt er einige Hypothesen auf, welche nunmehr ohne Interesse sind. Selbst misst er ihnen keinen grösseren Werth bei, denn er schliesst seine Darstellung mit folgenden Worten: „*quamvis, ut quod sentiam libere profitear, nihil nisi probabiliter, hujus de humoris usu affirmare nunc ausim, donec ipsa experientia hanc nebulam meis, aliorumve oculis difflexerit.*“ (Cap. VIII).

Die Ansichten Rudbeck's über die Bedeutung seiner Entdeckungen für die practische Medicin gehen hauptsächlich in der Richtung, dass Verschliessung der Lymphgefässe Ascites und Oedem verursacht. Da sie jetzt aber ohne Interesse sind, können sie hier ohne Weiteres übergangen werden.

Rudbeck's Arbeit erschien im Sommer 1653, und kurze Zeit darnach trat er seine mehrfach erwähnte Reise an. In Hamburg angekommen, fand er am 16. August bei einem Buchhändler eine denselben Gegenstand behandelnde Schrift von Thomas Bartholinus, die jedoch schon im Monat Mai erschienen war<sup>1</sup>. Ich werde nun diese Schrift und die darin mitgetheilten Beobachtungen besprechen.

### Zweites Capitel.

**Thomas Bartholinus und seine „Vasa lymphatica nuper Hafniae in animantibus inventa“.**

Thomas Bartholinus wurde am 20. October 1616 geboren und 1634 als Student in die Matrikel der Universität Kopenhagen eingeschrieben. Nachdem er drei Jahre lang dort studirt hatte, trat er in Gemeinschaft mit einem älteren Bruder 1637 eine Reise in's Ausland an, von welcher er erst im Jahre 1646 in sein Vaterland zurückkam. Während dieser langen Reise hatte er die bedeutendsten medicinischen Schulen dieser Zeit besucht, mit vielen der hervorragendsten Anatomen Bekanntschaft gemacht und Freundschaft geschlossen und unterhielt nach seiner Rückkehr mit diesen einen lebhaften Briefwechsel. Im Jahre 1647 wurde Bartholinus Professor der Mathematik in Kopenhagen, erhielt aber schon im folgenden Jahre eine ihm mehr passende Stellung, als er 1648 zum Professor der Anatomie daselbst ernannt wurde<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Rudbeck, *Ins. structae*. S. 5.

<sup>2</sup> Vgl. Sommer, Thomas Bartholin. *Programm*. Kopenhagen 1858.

Pecquet's Entdeckung des Brustganges gab Bartholinus die Veranlassung, die hierhergehörigen Fragen näher zu studiren. Am 15. December 1651 demonstirte er den Brustgang in Gegenwart von Bourdelot, dem Leibarzt Christina's von Schweden, welcher sich zu dieser Zeit auf der Durchreise nach Schweden in Kopenhagen aufhielt. Nachdem Bartholinus die Cisterna chyli vorgezeigt hatte, wandte er sich der Leber zu und sah da dort einige von einer Flüssigkeit (*chylum ichorosum non usque adeo candidum, qualis esse solet chyli*) gefüllte Gefässe, die er, trotz der von Bourdelot erhobenen Einwendungen, als Chylusgefässe auffasste: „*quum sanguis non sit, nec portae vena, aliudve vas adhuc cognitum, pro lacteo omnino habendum censui*“.<sup>1</sup> Dieselben Gefässe sah er auch am 9. Januar 1652, fasste sie aber fortwährend als Chylusgefässe auf<sup>2</sup>.

Zusammen mit seinem Prosector Martin Lyser wollte Bartholinus am 28. Februar 1652 den Brustgang demonstiren. Sie öffneten die Bauchhöhle und fanden Gefässe, welche den Chylusgefässen vollständig ähnlich, aber bald mit Serum, bald mit einer milchigen Flüssigkeit gefüllt waren. Diese Gefässe gingen von dem neuen Receptaculum theils nach der Leber mit der Pfortader, theils nach den Nieren, theils längs der Vena cava inferior nach der Fossa iliaca. Wenn sie gebunden wurden, schollen sie in der Richtung der betreffenden Organe an, fielen aber in der Richtung gegen das Mesenterium zusammen, „*ut suspicio nobis stupentibus nata sit peculiare hoc esse vasorum genus sero destinatum, de quo iudicium in alias observationes distulimus*“<sup>3</sup>.

An demselben Thiere<sup>4</sup> band er darnach die Vena axillaris und sah dabei mehrere Gefässe, welche denen, die er eben in der Bauchhöhle gesehen hatte, ähnelten. Ihren Ursprung und Mündung aber konnte er nicht entdecken; er fand nur, dass sie in der Richtung gegen die Extremität anschollen, wenn sie gebunden wurden.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bartholinus, *De lacteis thoracicis*. 1652. S. 50. Vgl. auch *Historiarum anatom. rariorum centuria I et II*. S. 249.

<sup>2</sup> Bartholinus, *Hist. anat. rar. cent. I et II*. S. 249. 250. — *Vasa lymphatica*. S. 7.

<sup>3</sup> Bartholinus, *De lacteis thoracicis*. S. 21; etwa in derselben Weise wird dieser Versuch in *Vasa lymphatica*, S. 8 und 9, sowie in *Hist. anat. rar. cent. I et II*, S. 250. 251 beschrieben. Bogdan giebt falsch an, dass dieser Versuch am 15. December 1651 stattgefunden habe; vgl. Bogdan, *Insidiae structae*, viertletzte Seite des Buches.

<sup>4</sup> Bartholinus, *Vasa lymphatica*. S. 9. — *Hist. anat. rar. cent. I et II*. S. 251.

<sup>5</sup> Bartholinus, *De lacteis thoracicis*. S. 38. Dieser Versuch wird von Bogdan (l. c.) zum 4. Januar 1652 falsch hingeführt.

Diese Beobachtungen brachten Bartholinus auf den Gedanken, dass die nach der Leber gehenden Gefäße gar keine Chylusgefäße wären<sup>1</sup>; die Ansicht, dass die Leber das blutbereitende Organ sei, war aber bei ihm so fest eingewurzelt, dass er seine Beobachtungen als Ausnahmen betrachtete („miraculo vicina res nobis visa, quia insolita, nec satis oculis unicaeque experientiae, quanquam clarissimae, fidebam. Variare enim subjecta, et ludere subinde naturam, nec facile semel visis acquiescendum, ubi omnium seculorum repugnat fama“<sup>2</sup>), und die endliche Entscheidung der Frage noch aufschob. Dass er jedoch schon im Frühling 1652 sehr weit gekommen ist, geht aus seinem vom 30. April 1652 datirten Brief an F. Arnisaeus hervor, wo er u. a. schreibt: „Non ausim tamen antiquos limites movere, quamdiu supererunt pro hepate suppetiae. Mihi multa nova animo obversantur, et, nisi valde fallor, brevi novum vasorum genus propalabo, de quo nihil publice adhuc audeo proferre ante, quam plurimis experimentis confirmaverim cogitationes. Ut eapropter justam causam habere potuit Pecquetus, lacteas prope hepar inficiandi. Quae enim ibidem apparent, non lacteae sunt sed aquae, talesque jam aliquoties observavi, nec prope hepar tantum, sed et alibi in artibus, quae tandem in novum fluvium erumpunt. Distrahor tamen, et mihi non satisfacio. Interea lacteas thoracicas notas jam illustrabo, multo pro hepate moliturus, ne, si aliter in posterum res pro illo ceciderit, novaque vasa illi inimica emergerint, mihi vel inconstantiae vel temeritatis culpa imputetur.“<sup>3</sup>

Dieses hinderte ihn jedoch nicht, wie auch aus dem eben angeführten Brief hervorgeht, gleichzeitig in einer Abhandlung *De lacteis thoracicis*, die vom 5. Mai 1652 datirt ist und wo er die Entdeckung des Brustganges beim Menschen mittheilt, kräftig nachzuweisen zu suchen, dass die Chylusgefäße nach der Leber gehen und somit gegen Pecquet die blutbereitende Function der Leber zu vertheidigen. Er theilt freilich die oben angeführten Beobachtungen hier mit, betrachtet sie aber noch gewissermassen als Curiositäten und lässt sich durch dieselben nicht von seiner Auffassung abbringen.

Fortgesetzte Untersuchungen lehrten ihn aber, dass diese Auffassung nicht richtig war und in einer Cal. Mai 1653 datirten Schrift *Vasa lymphatica nuper Hafniae in animantibus inventa et hepatis exsequiae* veröffentlicht er eine ausführliche Beschreibung dieser Gefäße,

<sup>1</sup> Bartholinus, *Vasa lymphatica*. S. 16.

<sup>2</sup> Bartholinus, *Vasa lymphatica*. S. 9.

<sup>3</sup> Cit. nach Sommer, Thomas Bartholin. S. 20. 21.

welche von ihm Lymphgefäße genannt werden. Zu gleicher Zeit hört er auch auf, die Leber als blutbildendes Organ zu betrachten und verfasst sogar eine pompöse Grabschrift über die Leber. Ich werde jetzt über die Abhandlung des Bartholinus kurz berichten.

Das erste Capitel<sup>1)</sup> enthält eine für uns wenig interessante Betrachtung über die Nothwendigkeit der Lymphgefäße; im zweiten Capitel berichtet Bartholinus über den Entwicklungsgang seiner Entdeckungen, ohne jedoch in der Originalausgabe bestimmte Data dafür anzugeben. Die Fortschritte in seiner Kenntniss der Lymphgefäße bis zu dem Zeitpunkte, da seine Abhandlung *De lacteis thoracicis* erschien, habe ich bereits gezeigt. Wie er dann zur Klarheit in dieser Frage kam, geht aus dem folgenden Auszug aus der Schrift *Vasa lymphatica* hervor, welcher Auszug in allem Wesentlichen mit der Darstellung übereinstimmt, die Bartholinus in seinen *Historiarum anatomicarum rariorum centuria I et II*, S. 252—255 (1654) gegeben hat.

„Canem septima hora post largum pastum, ne tot martyria frustra exerceremus, chorda celeri strangulatum evisceravimus, nullaue interposita mora reliquis omnibus missis ad artus progressi et hepar, aquosa haec vasa similem in modum observavimus, hic variis cum porta annulis connexa, inque ejus quasi tunicam immersa, ibi cum axillari ramo quoque instar hederæ cohaerentia. Repetita inde saepius in aliis canibus, sectione sive jejuniis, sive cibo repletis, nihil diversum invenimus, coepitque constantior animus perpetuam in hoc invento naturæ legem admirari. Et quo certiores et crederemus nos et alii viderent, nec lactantibus gravidisque canibus pepercimus. In lactantibus circa Iliacos ramos iidem aquosi ductus, et in axillaribus visi splendescere. In gravidis quoque venas comitabantur vasa splendida, praesertim in abdominis fundo juxta Iliacum et portae ranum frequentia, ino in vesicula fellis cum venis copiose externa perreptabant. In utrisque per axillarem progredientia vasa aquea levi incisione aperuimus. Limpidae aquae effluxus sequutus, qua occasione fistulam indidimus, ut, quo humor ille vergeret, oculis pateret novitati inhiantibus. Immisso per fistulam spiritu movebatur cava prope cor, ipsamque cor; in obversa v. parte, prope extremos artus, nullum motum animadvertimus, sine dubio ob valvulae impedimentum. Quod ut porro pateret, in alio cane fecimus experimentum. In pede anteriore alterius lateris conspicuos hos ductus tumidiore inflavimus, vidimusque attolli jugularem externam et axillarem. — — — Aperuit se illico foramen seu ingressus aquosi ductus sub majori valvula jugularis, circa jugularis ingressum in axillarem, cui tenuis valvula obtende-

<sup>1</sup> Bartholinus, *Vasa lymphatica*; Cap. I. Vasorum lymphaticorum necessitas; Cap. II. Series et occasio novi inventi; Cap. III. Vasa lymphatica in hepate; Cap. IV. In homine vasa lymphatica quaesita; Cap. V. Methodica vasorum lymphaticorum descriptio; Cap. VI. Humor in vasis lymphaticis contentus, ejusque motus; Cap. VII. Usus vasorum lymphaticorum; Cap. VIII. Post inventa vasa lymphatica, hepatis exsequiae.

batur, modo a flatu immisso elevata, modo remissa. Perculit invisa rei novitas animum, et communicato consilio favere multi et applaudere.“<sup>1</sup>

Zufolge der herrschenden Lehre von der Blutbildung in der Leber spielten deren Lymphgefäße eine hervorragende Rolle, und Bartholinus fängt daher, ganz wie Rudbeck, seine detaillirte Beschreibung der Lymphgefäße damit an, in seinem dritten Capitel die Lymphgefäße der Leber zu erklären. Für ihn war es von besonderer Wichtigkeit, zu untersuchen, ob gar keine Chylusgefäße nach der Leber verliefen, denn es könnte ja sein, dass die Leber sowohl Chylusgefäße, welche Flüssigkeit nach ihr hinführten, als auch Lymphgefäße, in welchen Flüssigkeit von der Leber weggeführt würde, besäße. Durch besondere Versuche fand er, dass gar keine Chylusgefäße nach der Leber verliefen. Gleichviel wann, nach Fütterung des Versuchsthieres, er auch die Bauchhöhle öffnete, so fand er immer dieselben von der Leber gehenden Lymphgefäße, welche bei angelegter Ligatur in der Richtung nach der Leber hin anschwellen und in der entgegengesetzten Richtung zusammenfielen. Also gingen keine Chylusgefäße nach der Leber.<sup>2</sup>

In seinem vierten Capitel erwähnt Bartholinus seine vergeblichen Versuche, beim Menschen Lymphgefäße zu finden; er fügt aber hinzu: „sed tam certus sum, quam qui certissimus, aqueos nostros ductus in homine adhuc delitescere, laudemque inventionis illibatam aliis servari“.

Das fünfte Capitel enthält die systematische Beschreibung der Lymphgefäße. Um sie mit Rudbeck's Darstellung vergleichen zu können, theile ich sie hier mit Bartholini eigenen Worten fast in extenso mit.

„*Insertio duplex. Alia inferiorum vasorum, superiorum alia. Distinguimus haec, experientiam sequuti. Late enim disseminantur, et truncum cum artubus suo ambitu involvunt. Vasa aquosa infra septum medium enata inseruntur in Receptaculum chyli seu glandulas novas chyli, quo tanquam in alveum limpidam suam lympham effundunt, ut porro recto ad cor tramite per thoracicas lacteas deducatur. Quae vero supra diaphragma ex artubus trahunt originem, in jugularem externam sive axillaris concursum ingrediuntur. Unde truncum nullum habent, sed ex partibus diversis hinc inde veluti rivuli salientesque fontes separatim originibus ad fluvios duos tendunt, glandulam nempe mediam lacteam et axillarem venam, ut in communem cordis oceanum pleno gurgite exundent.“*

„*Substantia, est tenuissima pellicula pellucida, instar telae aranese subtilis, ut levissimo vulnere et tactu rumpatur. Hinc est quod effusa limpida aqua statim disparet, quia applicantur membranulae illius venis subjectis, ut*

<sup>1</sup> Bartholinus, Vasa lymphatica. S. 10—13.

<sup>2</sup> Bartholinus, Vasa lymphatica. S. 17—20.

discerni nequeant etiam a Lynceo. Non memini tenuiorem in corpore partem, si piam in cerebro matrem excipias, quam aemula substantia refert. Sicut per piam meningem transparent cerebri gyri, color levi offensa dilacerari aptam, sic per nostra vasa fragilia liquor contentus cernitur. Hinc aquosarum venarum.“

„*Color* est hyatidum, crystalli instar resplendens, quamdiu liquore suo repletæ sunt. Inanitæ non videntur. Lacteæ evacuatae fibrillas visu conspicuas relinquunt, nostræ cum liquore in auras videntur evanescere, ut præter venas sanguifluas, nihil compareat. Quæ causa est, quod hactenus in cadaveribus observatae a nemine fuerint.“

„*Figura* vasorum Lymphaticorum interna cava est, venarum aliarum more, externa variat. Maxima pars annulari forma venas ambiunt, hederæque instar amplectuntur, per tenuissima filamenta illis alligata et connexa. Quaedam recta prope hepar, et in axillaribus. Exprimunt egregie fluminum anfractuosos alveos, quibus per apertos campos sinuoso tramite currunt errantque.“

„*Valvula* tenerrimæ texturæ ingressui in axillarem supra præponitur, quæ regressuræ aquæ obstat. Eaque sola observari potest. Non dubito quin alibi quoque venis aquosis opponantur valvulae, siquidem ne flatum admittunt versus extrema immissum, ob tunicae tamen subtilem contextum cultro anatomico separari non possunt.“

„*Magnitudinem*, quanquam in subjectis pro animalium diversitate variet, in singulis tamen accurate demetiri nescias. Pars enim latet, et conspectum fugit. Quas invenimus cognitasque habemus, exiles sunt et angustæ styli mediocris crassitiem admittentes. Vinculo tamen interceptæ ingrossantur et impletæ distenduntur. Prope hepar crassiores, quia sanguis in illo copiosior. Quod vero magnitudini vasorum deest, supplet“

„*Numerus*, qui in abdomine iniri vix potest. Iliacum ramum plurima ambiunt. Mesenterium ingredientia augentur. Ex hepate quinque vel septem in plurimum ramuli in portæ amplexibus exeunt. In anterioribus prope axillarem unicus fere utrinque ramus conspicitur.“

„*Situs et Progressus* lymphaticorum vasorum, ut nihil ad perfectum historiae nostræ desideres, iste est: In superioribus artubus ad latus venæ brachiales sursum repunt cum vena ipsa cruenta, cui firmiter annectuntur, perguntque cum eadem ad axillarem, in quam exiguo osculo patent valvula munito. A cruribus eodem modo permulta ascendunt, socia venæ cruralis et Iliacæ, quam ambiunt modo arcte modo laxè, circulorum instar, progrediunturque ad mesenterium, ibidemque cum portæ ramis in glandulas inseruntur, via oculis haud satis conspicua. Ab hepate quoque et vesicula fellis ejusdem portæ societate per eandem viam decurrunt.“

Seine Ansichten über die in den Lymphgefäßen enthaltene Flüssigkeit entwickelt Bartholinus in seinem sechsten Capitel. Seiner Beschreibung nach ist diese Flüssigkeit vollständig klar, ohne jede Farbe, geruchlos, ganz wie das reinste Wasser<sup>1</sup>. Von woher stammt nun dieses Wasser? So viel wie ich finden kann, sagt Bartholinus, kommt es von den zu ernährenden Körpertheilen, von der Leber, der Gallenblase und den Extremitäten. Nicht unwahrscheinlich ist es

<sup>1</sup> Bartholinus, Vasa lymphatica. S. 89. „Liquor limpidissimus, sine colores tinctura, sine odore, aquae purissimæ persimilis.“

„a singularum partium privata concoctione aquam separari peculiaribus vasis expurgandum“. Denn es ist sicher, dass, je reiner das Wasser ist, es sich um so weniger eignet, die verschiedenen Körpertheile zu ernähren. Was würde auch die „facultas partium concoctrix“ mit unserer Lymphe anfangen können? Am besten ist es, dass sie von da fortgetrieben wird. Dann wird sie nach dem Herzen geführt, wo sie dazu dienen kann, ein etwas dickeres Blut zu verdünnen, oder zu dessen „concoctio“ beizutragen, oder ein wärmeres Blut zu temperiren; ferner macht die nach der Cisterna chyli strömende Lymphe den Chylus dünnflüssiger.

Wie Rudbeck findet auch Bartholinus in seiner Entdeckung den Erklärungsgrund für Oedeme, Ascites u. s. w.

Das achte Capitel trägt die Ueberschrift: „Post inventa vasa lymphatica hepatis exsequiae.“ Hier nimmt Bartholinus der Leber ihre ganze Ehre und schreibt über dieselbe ein Epitaphium, eingedenk der alten Ehrfurcht vor „tot seculorum abdominis nostri rector.“ Dieses Epitaphium, das in Bezug auf komische Feierlichkeit nur schwer seinesgleichen finden kann, lautet folgendermassen:

Siste · Viator ·  
 Clauditur · hoc · tumulo · qui · tumulavit ·  
 plurimos ·  
 princeps · corporis · tui · cocus · et ·  
 arbiter ·  
 Hepar · notum · seculis ·  
 sed ·  
 ignotum · naturae ·  
 quod ·  
 nominis · majestatem · et · dignitatis ·  
 fama · firmavit ·  
 opinione · conservavit ·  
 Tamdiu · coxit ·  
 donec · cum · cruento · imperio · seipsum ·  
 decoxerit ·  
 Abi · sine · jecore · viator ·  
 Bilemque · hepati · concede ·  
 ut · sine · bile · bene ·  
 tibi · coquas · Illi · preceris ·



## Drittes Capitel.

**Der Prioritätsstreit zwischen Rudbeck und Bartholinus.**

Inzwischen war Rudbeck nach Leiden gekommen und hatte dort einen Schüler von Bartholinus, den jüngeren Worm getroffen. Dieser sandte nun die beiden Tafeln Rudbecks nebst einer Beschreibung an Bartholinus. Letzterer empfing sie, wie er im September 1654 an Bogdan schreibt, mit Freude darüber, dass seine Entdeckung bestätigt und erweitert worden ist. Vom Verfasser wusste er nichts, bis er zur Weihnachtszeit dessen Buch erhielt, wo er den Namen des von ihm bis dahin ganz unbekannten Verfassers kennen lernte. Er fing an, sich für den Autor zu interessieren, sowohl wegen dessen anatomischen Kenntnissen, wie auch darum, weil er in dessen Schrift seine eigenen Arbeiten erwähnt fand. Er war jedoch etwas erstaunt darüber, dass Rudbeck, trotzdem er das Buch *De lacteis thoracicis* citirt, dennoch mit keinem Wort von den Lymphgefäßen spricht, die ja doch dort erwähnt sind.<sup>1</sup>

Bartholinus erachtete also, dass die Entdeckung von der Zeit zu rechnen wäre, als er diese Gefäße zum ersten Mal beobachtete, und nicht von dem Zeitpunkt, da es ihm klar wurde, was sie zu bedeuten hatten und was sie eigentlich waren. Er fügte daher in einer neuen Auflage seiner Abhandlung, welche in der von Hemsterhuis unter dem Titel *Messis aurea exhibens anatomica novissima et utilissima experimenta* herausgegebenen Sammlung von Schriften über das Lymphgefäßsystem veröffentlicht wurde, die Daten für seine Entdeckungen hinzu, nämlich den 15. December 1651 und den 9. Januar 1652 für die Lymphgefäße der Leber, sowie den 28. Februar 1652 für diejenigen der Leber und Extremitäten (vgl. oben Cap. II). Rudbeck bekam am 23. December 1653 diese neue Auflage zu Gesicht und schrieb an demselben Tage an Hemsterhuis einen Brief, wo er Bartholinus anklagt, falsche Zeitangaben in der Schrift gemacht zu haben, und worin er Hemsterhuis auffordert, diesen Brief seiner eigenen Abhandlung, die auch in der betreffenden Sammlung reproducirt werden sollte, voranzustellen.

Dies geschah. Und nun entbrannte zwischen einem Schüler von Bartholinus, Martin Bogdan, und Rudbeck ein Streit, der zu den heftigsten dieser Art gehört. Beiderseits wurden die größten Beleidigungen ausgesprochen, man überhäufte einander mit den stärksten

---

<sup>1</sup> Dieser Brief ist gedruckt in Bogdan's *Apologia pro vasis lymphaticis*.

Schimpfworten und suchte beiderseits den Gegner eines literarischen Diebstahls zu verdächtigen.

Hemsterhuis' Sammlung, in welcher der Brief Rudbeck's aufgenommen war, erschien im Februar 1654. Unmittelbar darnach folgte die Antwort Bogdan's in einer in Frankfurt gedruckten Broschüre: *Insidiae structae* Cl. V. Thomae Bartholini Vasis lymphaticis ab Olao Rudbekio, detectae a Martino Bogdan. Von Leiden aus antwortete Rudbeck, so bald er konnte, mit einer an Bartholinus direct adressirten Schrift von 164 Seiten kl. 8<sup>o</sup>: *Insidiae structae Olai Rudbeckii Ductibus hepaticis aquosis et vasis glandularum serosis* a Thoma Bartholino. Noch in demselben Jahre, im September, veröffentlichte Bogdan ein neues Pamphlet von 11 $\frac{5}{8}$  Bogen in 12<sup>o</sup>: *Apologia pro vasis lymphaticis D. Thomae Bartholini conscripta a Martino Bogdano contra insidias secundo structas* ab Olao Rudbeck; gedruckt in Kopenhagen.

Diese Schrift beantwortete Rudbeck erst im Jahre 1657, denn er hatte nach seiner eigenen Angabe erst dann das zweite Pamphlet Bogdan's in seine Hände bekommen. Die Schreibweise ist hier viel besser als in der ersten Schrift, und er giebt es selbst zu, dass er bei seiner früheren Polemik zu starke Worte benutzt hatte.

Es kann nicht in Frage kommen, über diesen wenig erbaulichen Streit, der allerdings einige wissenschaftliche Fragen, in welchen die beiden Gegner verschiedener Ansicht waren, berührte, hauptsächlich aber beiderseits bezweckte, den Gegner des Diebstahls zu verdächtigen, hier zu berichten. Mehrere Forscher haben allerdings kein Bedenken getragen, erwähnte Verdächtigung gegen Bartholinus wieder aufzunehmen und zu wiederholen. Ich habe in den vorhergehenden Capiteln den Entwicklungsgang der Entdeckungen der beiden Autoren dargestellt, wie er meiner Ueberzeugung nach stattgefunden hat. Es erübrigt, die Gründe darzulegen, welche mich veranlassen, gleich Sommer in seiner früher citirten Abhandlung, Bartholinus von jedem literarischen Betrug in dieser Frage vollständig freizusprechen.

Vorerst jedoch eine gelegentliche Bemerkung. Rudbeck behauptet — und dies ist später von Anderen wiederholt worden — dass nicht Bogdan, sondern Bartholinus selbst der Autor des oben angeführten Pamphlets gegen ihn wäre. Allerdings hat sich Bartholinus in dem oben angeführten Brief an Bogdan von jedem Antheil an dessen Schriften losgesagt: „Ego me omni jure abdicō, quod nunquam possedi, tibi quē ex merito defero, quod nec scripsi, nec ut scriberes unquam fui author“; wenn man aber diese Erklärung an und für sich nicht glaubwürdig findet, so haben wir andere Gründe, welche ent-

schieden für die Wahrheit derselben sprechen. Ohne mich näher darauf einzulassen, will ich hier nur bemerken, dass mir wenigstens der Unterschied zwischen der Schreibweise Bartholini und derjenigen Bogdan's so gross erscheint, dass man sich nicht gut vorstellen kann, dass derselbe Autor, welcher die anatomischen Arbeiten, die den Namen Bartholini tragen, die Pamphlete geschrieben haben soll. Aus der ersten Schrift Bogdan's können wir aber beweisen, dass Bartholinus keinen Antheil daran hat haben können. In derselben wurde nämlich, wie oben (S. 12) bemerkt ist, für die Entdeckung der von Bartholinus in der Arbeit *De lacteis thoracis* erwähnten Lymphgefässe andere Daten angegeben, als diejenigen, die er selbst in dem mit grosser Besonnenheit geschriebenen Bericht über die Entdeckung der Lymphgefässe, welcher in den *Historiarum anatomicarum rariorum* cent. I und II enthalten ist, gleichzeitig (1654) angiebt. Und es kann doch nicht in Frage gestellt werden, dass Bartholinus, — wenn er selbst die unter dem Namen Bogdan's erschienenen Schriften verfasst hat — hier andere Angaben als in der oben angeführten Abhandlung hat geben können.

Ich komme nun zu der Hauptfrage: hat Rudbeck Bartholinus nachgeschrieben, oder dieser Rudbeck?

Es ist vollständig entschieden, dass Rudbeck sein Wissen nicht von Bartholinus gewonnen hat. Man hat gesagt, obgleich wohl nimmer in vollem Ernst, dass da in Bartholini Abhandlung „*De lacteis thoracis*“ einige Lymphgefässe beschrieben sind, Rudbeck aus dieser Beschreibung zu seiner Entdeckung hätte geführt werden können. Diese Behauptung ist ganz belanglos, denn 1. fasst Bartholinus selbst diese Gefässe theils als Chylusgefässe, theils als Curiositäten auf, über deren wirkliche Natur er sich gar nicht äussern will, und 2. hatte ja Rudbeck schon früher mehrere seiner wichtigsten Entdeckungen gemacht und einige davon der Königin Christina öffentlich demonstirt. Hierzu kommt noch, dass Rudbeck's Arbeit von bei weitem tieferen Studien als die von Bartholinus zeugt, wie dies aus dem oben mitgetheilten Bericht über diese Arbeiten unzweideutig hervorgeht. Nicht allein, dass Rudbeck viele Lymphgefässe, welche Bartholinus ganz unbekannt waren, gesehen hat, Rudbeck hat noch die Klappen der Lymphgefässe genau beobachtet, während dieselben mit Ausnahme derer, welche an den Einmündungsstellen liegen, Bartholinus fast ganz und gar entgangen waren; Rudbeck hat ferner bemerkt, dass die Lymphe gerinnt und dass sie einen salzigen Geschmack hat, während Bartholinus behauptet, sie sei rein wie das klarste Wasser. Endlich sind auch Rudbeck's Tafeln bedeutend besser als die von Bartholinus.

In wissenschaftlicher Hinsicht steht also Rudbeck's Arbeit bei Weitem über derjenigen des Bartholinus. Hat nun Bartholinus sein Wissen aus Rudbeck's Arbeit geholt, oder hat er die Entdeckung selbständig gemacht?

Man hat gesagt, Bartholinus habe durch Brief von Bourdelot oder durch einen deutschen Studenten, der bei der berühmten Section in Gegenwart der Königin anwesend gewesen sei, Kenntniss von den Befunden Rudbeck's erhalten und sich beeilt, sich dieselben anzueignen<sup>1</sup>. Dass dies nicht wahr sein kann, geht jedoch ganz bestimmt aus gewissen, oben angeführten Stellen der Abhandlung *De lacteis thoracicis* hervor. In dieser Abhandlung, bei deren Ausarbeitung Bartholinus keine Kenntniss von der Demonstration Rudbeck's hat haben können, spricht er allerdings für die blutbildende Function der Leber und dafür, dass Chylusgefässe nach der Leber verlaufen; er beschreibt aber zugleich die Lymphgefässe der Leber und der Extremitäten so deutlich, dass es sich gar nicht bezweifeln lässt, dass ein Forscher, der schon so weit gekommen ist, auch ohne fremde Hülfe seine Entdeckung hat durchführen können.

Hwasser hat gesagt, dass die Worte Bartholini: „*fuere qui serosa vasa indidirent*“ (als Name der Lymphgefässe) darauf hindeuten, dass die Untersuchungen Rudbecks ihm nicht unbekannt gewesen sind, denn Rudbeck allein benutzt diesen Namen.<sup>2</sup> Auch diese Bemerkung hat nichts zu bedeuten, wenn wir bedenken, dass Rudbeck, der ja doch kein sanfter Polemiker war, mit keinem Worte hervorhebt, dass hierin ein Zeugniss gegen Bartholinus liege.

Es erübrigt noch, die von Bartholinus in der zweiten Auflage seiner *Vasa lymphatica* hinzugefügten Zeitbestimmungen, welche in der Originalauflage nicht vorkommen, zu besprechen. Ich habe schon bemerkt, dass sie sich nicht auf diejenigen Zeitpunkte beziehen, da Bartholinus zur vollen Klarheit darüber kam, was diese Gefässe eigentlich waren, sondern nur die Tage angeben, an welchen er diese zum ersten Male sah. Und liest man, ohne von vornherein gegen Bartholinus eingenommen zu sein, das zweite Capitel der *Vasa lymphatica*, wo diese Angaben sich vorfinden, so wird man daraus nichts anderes herausfinden können, als dass sie da sind, gerade um die Zeitpunkte anzugeben, da Bartholinus diese Gefässe zum ersten Male sah; er hebt daselbst ausdrücklich hervor: „*An peculiare esset vasorum genus aquae destinatum ambigua suspicione ventilabamus ultro*

<sup>1</sup> J. Esbergius, *Laudatio funebris Ol. Rudbeckio*. Upsala 1703. S. 18.

<sup>2</sup> Hwasser, Olof Rudbeck d. ä. *Walda Skrifter*. IV. S. 53.

citroque, aut unde provenirent, quoque aberint, an peracta concoctione vel ea adhuc perdurante aqua vel his secerneretur vel reciperetur, ancipiti conjectura haerebam. Judicium igitur in alias experientias differre in re nova necessarium duxi.“<sup>1</sup>

Eine Zeitbestimmung, wann Bartholinus zu voller Klarheit über die Lymphgefäße kam, findet sich nirgends. Dass dies nach dem 5. Mai 1652 geschehen ist, geht aus der Abhandlung *De lacteis thoracicis* hervor; dass er aber schon zu dieser Zeit sehr nahe daran war, folgt aus den oben vielfach citirten Stellen aus dieser Abhandlung, sowie aus dem Brief an Arnisaeus. Dagegen weiss man ganz bestimmt, wann Rudbeck seine entscheidenden Beobachtungen machte; aus den Daten, welche über dieselben hier oben mitgetheilt sind, geht hervor, dass er schon vor Mai 1652 über eine Menge von Lymphgefässen vollkommen im Klaren war.

Rudbeck hat also die Priorität in Bezug auf das Datum der Entdeckung, Bartholinus aber hinsichtlich der Veröffentlichung, denn seine *Vasa lymphatica* erschienen im Mai 1653, während Rudbeck's *Ductus hepaticos aquosos* erst im Sommer desselben Jahres herausgegeben wurden.

Im Zeitalter des Dampfes und der Elektrizität fällt es keinem ernststen Mann ein, irgend welchen Prioritätsunterschied zwischen zwei Forschern zu machen, welche in verschiedenen Ländern und unabhängig von einander dieselbe Entdeckung machen, auch wenn eine Zeit von einigen Monaten zum Vorthail des einen oder des anderen angeführt werden kann. Noch weniger kann es in Frage kommen, beim vorliegenden Gegenstand einen solchen Unterschied zu machen, und die unparteiische Erörterung der Frage bezüglich der Entdeckung der Lymphgefäße führt daher zu keinem anderen Ergebniss, als dass die beiden Nebenbuhler, Olaus Rudbeck und Thomas Bartholinus, mit gleichem Recht als die Entdecker der Lymphgefäße genannt werden müssen.

---

<sup>1</sup> Bartholinus, *Vasa lymphatica*. S. 10.

# Ueber die Ausnützung gemischter Kost im Darne des Menschen.<sup>1</sup>

Von

**E. O. Hultgren und E. Landergren.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

Wie bekannt, ist es bei der Beurtheilung einer Kost nothwendig, nicht allein ihre chemische Zusammensetzung, sondern auch ihre Ausnützung im Darne zu berücksichtigen. Unsere Kenntniss in letzterer Hinsicht ist zur Zeit noch wenig umfassend, was wohl zum grossen Theil durch die mit derartigen Versuchen verbundene bedeutende und unangenehme Arbeit bedingt ist. Man hat sich daher hauptsächlich darauf beschränkt, die Ausnützung einzelner wichtigerer Nahrungsmittel, entweder allein für sich oder einige wenige mit einander gemischt, zu untersuchen. Die ausgedehntesten Erfahrungen hierüber verdanken wir Rubner. Wie bedeutungsvoll aber seine Untersuchungen auch sind, ist man jedoch nicht berechtigt, die Ausnützung einer gemischten Kost nach den von Rubner u. A. ermittelten Coëfficienten der Resorbirbarkeit der einzelnen darin enthaltenen Nahrungsmittel zu berechnen. Denn aus Versuchen von Rubner und Malfatti scheint die wichtige Thatsache hervorzugehen, dass gewisse Nahrungsmittel wenigstens in einer Mischung besser ausgenutzt werden, als wenn sie jedes für sich genossen werden.

So fand Rubner, dass Milch und Käse vollständiger als Milch allein ausgenutzt wird. Malfatti beobachtete, dass Käse die Ausnützung von Mais verbessert. Auf der anderen Seite zeigen einige

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen am 14. December 1893.

unter Rubner's Versuchen, dass eine Mischung von mehreren Nahrungsmitteln nicht immer besser als ihre einzelnen Componenten ausgenützt wird; so scheint z. B. eine reichliche Fettzufuhr einen ungünstigen Einfluss auf die Resorption der Kohlehydrate auszuüben.

Viele Umstände, welche wir noch nicht übersehen können, wirken also auf die Ausnützung einer gemischten Kost ein und fordern zur Untersuchung darüber auf. Da wir vor einiger Zeit einige hierher gehörige Erfahrungen gesammelt haben, erlauben wir uns dieselben hier mitzuthellen.

Zuerst werden wir die früheren Beobachtungen über die Ausnützung einer gemischten Kost kurz zusammenstellen.

Schuster<sup>1</sup> untersuchte die Ausnützung der Kost in zwei Gefängnissen zu München, und zwar in der Weise, dass er während einer Woche bei jeder Mahlzeit eine Portion der etatsmässigen Kost analysirte. Nach diesen Analysen erhielt jeder Gefangene im Zuchthaus (arbeitende Gefangene) täglich 104<sup>g</sup> Eiweiss (5.8<sup>g</sup> animalisches, 98.2<sup>g</sup> vegetabilisches; also anim. = 5.5%), 38<sup>g</sup> Fett und 521<sup>g</sup> Kohlehydrate. Ein Gefangener, dessen Fäces während 6 Tagen analysirt wurden, zeigte eine Ausnützung des Eiweisses von 75%.

In dem anderen Gefängniss (für nicht arbeitende Gefangene) enthielt die tägliche Kost 30.6<sup>g</sup> animalisches, 56.4<sup>g</sup> vegetabilisches Eiweiss, 22<sup>g</sup> Fett und 305<sup>g</sup> Kohlehydrate. Die Kost war also hier viel ärmer an Nahrungsstoffen als im ersten Gefängniss, statt dessen betrug das animalische Eiweiss 35.2% der gesammten Eiweisszufuhr. In Folge dessen wurde auch das Eiweiss hier besser ausgenutzt. Im Durchschnitt von vier Untersuchungstagen fand Schuster nämlich einen N-Verlust von nur 12%, gegenüber 25% im ersten Falle. Trotz der Differenz der gesammten täglichen Eiweisszufuhr (14<sup>g</sup>) betrug also der Unterschied der thatsächlich resorbirten Eiweissmengen allein 1.3<sup>g</sup> pro Tag.

Die Ausnützung von Fett und von Kohlehydraten wurde nicht untersucht.

Flügge<sup>2</sup> prüfte an sich selbst die Ausnützung einer aus Milch, Butter, Brod und Fleisch zusammengesetzten Kost.<sup>3</sup> Im Mittel von 14 Versuchstagen fand er:

beim Eiweiss einen Verlust von 6.01%,  
 „ Fett „ „ „ 5.10%.

<sup>1</sup> Schuster, in *Untersuchung der Kost* von Voit, S. 142.

<sup>2</sup> Flügge, *Beiträge zur Hygiene*. Leipzig 1879, S. 94.

<sup>3</sup> Pro Tag wurde 1<sup>l</sup> Milch, 300<sup>g</sup> Fleisch, 150–200<sup>g</sup> Weissbrod und 60<sup>g</sup> Butter genossen.

Mit derselben Kost machte Flügge einen Ausnützungsversuch an dem Diener des hygienischen Instituts zu Leipzig und fand

beim Eiweiss einen Verlust von 14.7%,  
 „ Fett „ „ „ 11.3%.

Dass die Ausnützung bei dem letzten Versuche eine so schlechte war, ist nach Flügge dadurch bedingt, dass die vorwiegende Fleischdiät den an derbe mechanische Reizmittel und an eine voluminösere Nahrung gewöhnten Darm rascher zu passiren scheint, als einen an exquisite Fleischnahrung gewöhnten. Vielleicht war die schlechte Ausnützung ganz einfach von irgend welchem Versuchsfehler bedingt, was um so wahrscheinlicher ist, da der Versuch nur einen Tag lang dauerte.

An derselben Person hatte Flügge etwas früher die Ausnützung einer Kost untersucht, die der von derselben gewöhnlich genossenen näher entsprach. Diese Kost enthielt im Durchschnitt von 11 Versuchstagen 110.3<sup>s</sup> Eiweiss, und zwar 77.4<sup>s</sup> animalisches (= 70% der gesammten Eiweisszufuhr). Bei dieser Kost wurde das Eiweiss mit einem Verlust von 10.4% ausgenützt.

Fr. Hofmann<sup>1</sup> stellte sich die Aufgabe, den Unterschied der Ausnützung einer vegetabilischen und einer animalischen Kost zu untersuchen. In dieser Hinsicht machte er an einer und derselben Person zwei Ausnützungsversuche, einmal mit rein vegetabilischer, das andere Mal mit fast ausschliesslich animalischer Kost. Bei beiden Versuchen wurde etwa gleich viel Eiweiss genossen.

Im Durchschnitt von sechs Versuchstagen fand Hofmann, dass in der vegetabilischen, aus 1000<sup>s</sup> frischen, geschälten Kartoffeln, 207<sup>s</sup> Erbsen, 40<sup>s</sup> Brod und Bier zusammengesetzten Kost,

das Eiweiss mit 53.4% Verlust  
 und die Kohlehydrate „ 9.7% „

ausgenützt wurden.

Bei der aus 390<sup>s</sup> fettfreiem Rindfleisch, 126<sup>s</sup> reinem Fett und 40<sup>s</sup> Weizenmehl bestehenden animalischen Kost wurde im Durchschnitt von fünf Versuchstagen

das Eiweiss mit 18.8% Verlust,  
 das Fett „ 3.1% „

ausgenützt.

Derselbe Autor fand im Durchschnitt von fünf Beobachtungstagen an einem Gefangenen zu Waldheim bei fast ausschliesslich vegetabilischer Kost einen Eiweissverlust von 46.8%. Im Gefängniss Georgenhaus zu Leipzig war 24.3% der täglichen Eiweisszufuhr animalisch:

<sup>1</sup> Fr. Hofmann, *Fleischnahrung und Fleischconserven*. Leipzig 1880.



der Eiweissverlust betrug 38%. Berechnet man mit Hofmann, dass vom animalischen Eiweiss 88% ausgenutzt worden sind, wird der Verlust an vegetabilischem Eiweiss = 49%, was mit dem früheren Versuch gut übereinstimmt.

T. Cramer<sup>1</sup> hat eine Untersuchung über die Ausnützung der Kost eines Vegetarianers veröffentlicht. Die Versuchsperson, ein höherer Beamter, 64 Jahre alt, gesund und kräftig, schloss sich vor elf Jahren der weniger radicalen Partei der Vegetarianer an, welche den Genuss von Eiern, Milch, Käse, Butter u. s. w., d. h. von allen solchen animalischen Nahrungsmitteln erlaubt, welche ohne das Thier zu tödten erhalten werden können. Die Ergebnisse (Durchschnitt von drei Tagen) sind in der folgenden Tabelle enthalten:

	Trocken- substanz	Eiweiss		Fett	Kohle- hydrate	Asche
		anim.	veget.			
In der Kost .	656.4	27.4 <sup>2</sup>	46.57	57.60	490.29	27.79
		73.97				
In den Fäces	53.05	15.63		4.01	24.04	8.91
% Verlust .	8.1	21.13		6.96	4.9	32.07

Die ausführlichste bis jetzt vorliegende Untersuchung über diesen Gegenstand ist auf Kosten der Gesellschaft „Carne Pura“ unter Meinert's<sup>3</sup> Leitung am Gefängniss zu Plötzensee ausgeführt. In einer ersten Versuchsreihe von 18 Tagen wurden die festen und flüssigen Einnahmen und Ausgaben von 30 Gefangenen bestimmt. Das Ergebniss von 13 Versuchsindividuen ist im Durchschnitt

Einnahmen pro Tag:

	Eiweiss		Fett	Kohle- hydrate
	anim.	veget. ges.		
6.5(8.3%)	65.7	71.7	27.95	571.33
Fäces pro Tag		14.64	4.59	23.84
% Verlust		19.7	15.48	4.13

In einer zweiten, gleich umfassenden Versuchsreihe gelang es Meinert durch Vermehrung des animalischen Eiweisses in der Kost die Ausnützung des Eiweisses um etwa 4.5% zu verbessern. Bei denselben 13 Versuchsindividuen erhielt er nämlich

<sup>1</sup> Cramer, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* VI. S. 346.

<sup>2</sup> = 37.0% des Gesamteiweisses.

<sup>3</sup> Meinert, *Ueber Massenernährung.* Berlin 1885.

## Einnahmen pro Tag:

anim.	Eiweiss		Fett	Kohlehydrate
	veget.	ges.		
20.0 (19.2%)	83.95	103.95	35.45	522.90
Fäces pro Tag		15.87	4.92	25.02
% Verlust		15.82	13.80	4.74

Endlich ist die Ausnützung von drei in Japan gewöhnlichen Kostmaassen von Mori untersucht worden.<sup>1</sup>

Die schlechteste Kost, die nur aus Reis, Korn und anderen Vegetabilien nebst etwas Milch bestand, zeigte nach einem dreitägigen Versuch im Durchschnitt einen Verlust von 7.31% der Trockensubstanz und 24.29% des Eiweisses.

Bei dem zweiten Kostmaass, welches 150 g Fisch pro Tag enthielt, betrug der Verlust an Trockensubstanz 3.6% und an Eiweiss 12.7%.

Das dritte Kostmaass war der europäischen, gemischten Kost ähnlich und enthielt 250 g Ochsenfleisch pro Tag. Der Verlust an Trockensubstanz betrug 3.64% und an Eiweiss 9.26%. Der geringe Verlust an Trockensubstanz bei den beiden letzten Versuchen ist wesentlich davon bedingt, dass nur 20 g Fett und 4 bis 6 g Cellulose genossen wurden.

Bei den vorliegenden Untersuchungen, welche schon im Sommer 1889 ausgeführt wurden und im Nord. med. Ark. Bd. XXII. 1890 publicirt worden sind, waren wir aus äusseren Umständen veranlasst, uns auf drei kurzdauernde Versuche zu beschränken. Wir entschlossen uns daher, die Ausnützung von Kostmaassen zu prüfen, welche in Bezug auf ihre Zusammensetzung und auf ihre sonstige Beschaffenheit in unserem Vaterland allgemein verbreitet sind. Diese Anforderungen werden von der etatsmässigen Kost der Königl. Schwedischen Marine vorzüglich erfüllt. Die darin enthaltenen Speisen sind Erbsen und Speck, Fleisch, Fleischbrühe, Grütze und Milch u. s. w., kurz derselben Art, wie sie in einem einfachen schwedischen Haushalt überall vorkommen.

Durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Dr. A. Rudberg, Stabsarzt in der Königl. Schwedischen Marine, bekamen wir die Gelegenheit, in Karlskrona zwei Versuche mit dieser Kost auszuführen. Der dritte Versuch bezieht sich auf die Ausnützung der trockenen

<sup>1</sup> Mori, Zeitschr. f. Biol. XXV, S. 102.

Kost, welche der Bleking'sche Arbeiter, besonders auf dem Lande, bei Aussenarbeit und oft auch sonst genießt.

Die Analysen der (eingetrockneten) Fäces und Nahrungsmittel sind zum grossen Theil im physiologischen Laboratorium in Stockholm ausgeführt. Dessen Chef, Herrn Prof. Dr. Tigerstedt, bitten wir, unseren innigsten Dank für sein liebenswürdiges Entgegenkommen und das hohe Interesse, welches er unserer Arbeit gewidmet, zu empfangen.

### Versuch I.

Kost. Die etatsmässige Kost der Königl. Schwedischen Marine für die Mannschaft beim Dienste zu Lande. Ueber die Menge und Zusammensetzung der Kost siehe Tabelle S. 7.

Versuchsperson. S., Bootsmann, 32 Jahre alt, Körpergewicht 80<sup>kg</sup>, Brustumfang 100·5<sup>cm</sup>, Länge 187<sup>cm</sup>, gross und kräftig; seit längerer Zeit an die Kost gewöhnt.

Der Versuch begann mit Fasten am 5. August von 2 Uhr Nachmittags bis zu derselben Zeit am folgenden Tage. Dann wurde die erste Portion der Versuchskost und gleichzeitig Heidelbeeren zur Abgrenzung der Fäces genossen.

Die Speisen wurden von der Küche der Königl. Marine geholt; von Brod, Butter und Käse wurden Generalproben genommen, wonach der Vorrath in luftdichten Gefässen aufbewahrt wurde. Von Speisen, welche mehr als einmal vorkamen, wie Grütze, Fleisch, Suppen u. s. w., wurde jedes Mal ein gewisser Theil zur Probe genommen und alle Proben genau gemischt und analysirt. Die Analysen sind im Anhang mitgetheilt.

Der Versuch dauerte drei Tage, während welcher die Versuchsperson wie gewöhnlich mit Wachtdienst, Exercieren u. s. w. beschäftigt war. Die letzte Mahlzeit der Versuchskost wurde am 9. August um 8 Uhr Vorm. genossen; darnach 24stündiges Fasten; beim Frühstück am 10. August wurden Heidelbeeren zur Abgrenzung genossen. Damit die Abgrenzung so genau wie möglich ausfallen sollte, erhielt die Versuchsperson bei dieser Mahlzeit feines Weissbrot statt des groben, kleiehaltigen der Versuchskost.<sup>1</sup> Die beiden Abgrenzungen gelangen sehr gut.

<sup>1</sup> Tag	Kost	Tag	Fäces
6. Aug. um 2 <sup>h</sup> Nachm.	Versuchskost und Heidelbeeren	7. Aug. um 2 <sup>h</sup> Nachm.	Normale Fäces u. 20 <sup>g</sup> gefärbte F.
7. " " " "	do.	8. " " " "	Schwarz gefärbte Fäces
8. " " " "	do.	9. " " 3 <sup>h</sup> "	Helle Fäces
9. " " " "	Nach d. Frühstück Fasten	10. " " 8 <sup>h</sup> Vorm.	" "
10. " " 8 <sup>h</sup> Vorm.	Kleiefreies Brot und Heidelbeeren	10. " " 6 <sup>h</sup> Nachm.	Schwarz gefärbte Fäces

## Einnahmen.

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
I.  Mittags- essen	Weiches, grobes Brod	222	94.1	127.9	—	16.4	2.4	105.7	3.3
	Fleischsuppe	690	657.6	32.4	5.5	—	10.4	13.1	3.5
	Kartoffeln	192	156.7	35.4	—	2.3	0.4	31.7	1.0
	Frisches Fleisch, gekocht	140	83.0	57.0	52.9	—	2.8	—	1.3
	Summe	1244	991.4	252.6	58.4	18.7	16.0	150.5	9.1
Abend- brod	Brod	235	99.6	135.4	—	17.4	2.6	111.9	3.5
	Gerstenbrei	485	409.3	75.7	—	8.2	1.0	63.1	3.4
	Magermilch	305	282.7	22.3	9.2	—	1.5	9.2	2.4
	Wasser während d. Nachmittags	1200	1200.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	2225	1991.6	233.4	9.2	25.6	5.1	184.2	9.3
Der ganze Tag		3469	2983.0	486.0	67.6	44.3	21.1	334.7	18.4
					111.9				
II.  Früh- stück	Brod	480	203.5	276.5	—	35.5	5.3	228.5	7.2
	Butter	25	3.1	21.9	0.2	—	21.4	0.1	0.2
	Kaffee u. Zucker	505	493.9	11.1	—	0.5	0.5	9.6	0.5
	Summe	1010	700.5	309.5	0.2	36.0	27.2	238.2	7.9
Mittags- essen	Kartoffeln	330	269.3	60.7	—	4.0	0.7	54.5	1.5
	Gekochtes Pökel- fleisch	120	52.6	67.4	53.5	—	5.4	1.2	7.3
	Erbsensuppe	1023	900.3	122.7	—	32.7	5.1	77.7	7.2
	Brod	157	66.6	90.4	—	11.6	1.7	74.7	2.4
	Wasser während des Vormittags	1500	1500.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	3130	2788.8	341.2	53.5	48.3	12.9	208.1	18.4
Abend- brod	Brod	70	29.7	40.3	—	5.2	0.8	33.3	1.0
	Gerstenbrei	598	504.7	93.3	—	10.2	1.2	77.7	4.2
	Magermilch	330	305.9	24.1	9.9	—	1.7	9.9	2.6
	Wasser während d. Nachmittags	400	400.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	1398	1240.3	157.7	9.9	15.4	3.7	120.9	7.8
Der ganze Tag		5538	4729.6	808.4	63.6	99.7	43.8	567.2	34.1
					163.3				

## Einnahmen (Fortsetzung).

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
III. Früh- stück	Brod	393	166.6	226.4	—	29.1	4.3	187.1	5.9
	Butter	28	3.4	24.6	0.2	—	23.9	0.2	0.3
	Kaffee	425	415.7	9.3	—	0.4	0.4	8.1	0.4
	Wasser	100	100.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	946	685.7	260.3	0.2	29.5	28.6	195.4	6.6
Mittags- essen	Fleischsuppe	560	533.7	26.3	—	4.5	8.4	10.6	2.8
	Frisches Fleisch, gekocht	130	77.1	52.9	49.1	—	2.6	—	1.2
	Kartoffeln	225	183.6	41.4	—	2.7	0.5	37.1	1.1
	Brod	220	93.3	126.7	—	16.3	2.4	104.7	3.3
	Wasser	200	200.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	1335	1087.7	247.3	49.1	23.5	13.9	152.4	8.4
Abend- brod	Brod	345	146.3	198.7	—	25.5	3.8	164.2	5.2
	Butter	25	3.1	21.9	0.2	—	21.4	0.1	0.2
	Käse	60	26.0	34.0	23.4	—	3.4	4.3	2.8
	Wasser	275	275.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	705	450.4	254.6	23.6	25.5	28.6	168.6	8.2
Der ganze Tag		2986	2223.8	762.2	72.9	78.5	71.1	516.4	23.2
					151.4				
IV. Früh- stück	Kaffee	510	498.8	11.2	—	0.5	0.5	9.7	0.5
	Brod	470	199.3	270.7	—	34.8	5.2	223.7	7.0
	Butter	24	2.9	21.1	0.2	—	20.5	0.2	0.2
	Summe	1004	701.0	803.0	0.2	35.3	26.2	233.6	7.7
Während der ganzen Dauer des Versuches		12997	10637.4	2359.6	204.3	257.8	162.2	1651.9	83.4
					462.1				
Mittel pro Tag		4332.3	3545.8	786.5	68.1	85.9	54.1	550.6	27.8
					154.0				

## Ausgaben:

Versuchstag	Fäces						Harn	N im Harn	Entsprechende Eiweismenge
	Frisch g	Trocken g	N- Substanz g	Fett g	N-freie Extractiv- stoffe g	Asche g			
1. Harn v. 2 <sup>h</sup> Nachm. bis 8 <sup>h</sup> Vorm.	—	—	—	—	—	—	720	12.34	77.1
2. Harn v. 8 <sup>h</sup> Vorm. bis 8 <sup>h</sup> Vorm.	—	—	—	—	—	—	1203	20.62	128.9
3. do. do.	—	—	—	—	—	—	1160	20.14	125.9
4. do. do.	—	—	—	—	—	—	700	13.07	81.7
Summe	1388	315.1	101.3	37.5	141.6	34.7	3783	66.17	413.6

Der Verlust ist also:

an Eiweiss . . . . .	21.9%
„ Fett . . . . .	23.1 „
„ Kohlehydraten . . . .	8.6 „
„ Asche . . . . .	41.6 „
„ Trockensubstanz . . .	13.4 „
„ Gesamt-Kraftzufuhr .	13.2 „

Weil der Harn während des ganzen vierten Tages gesammelt wurde, obgleich die Versuchsperson an diesem Tage nur Frühstück genoss, kann man aus den Versuchstabellen nicht finden, inwiefern sie im N-Gleichgewicht war. Nimmt man jedoch an, dass von den 34.8 g Brod-Eiweiss, welche im Frühstück am vierten Tage verzehrt wurden, 60% (d. h. 20.9 g)<sup>1</sup> resorbirt und umgesetzt worden sind, so erhalten wir

Umgesetztes Eiweiss	352.8 g
In den Fäces . . .	101.3 g
Summe	454.1 g
Eiweiss in der Kost	462.1 g
Eiweiss am Körper +	8 g = 1.28 g N.

## Versuch II.

Kost: Die etatsmässige Kost der Königl. Schwedischen Marine für die Mannschaft beim Dienst zur See.

<sup>1</sup> Nach den von Meyer und uns ermittelten Werthen der Ausnützung von grobem Roggenbrod.

Versuchsperson: Dieselbe wie im Versuch I.

Der Versuch wurde in der folgenden Weise ausgeführt: Am 25. Aug. genoss S. seine Mittagsmahlzeit zu gewohnter Zeit und um 3 Uhr Nachmittags etwas Brod und schwaches Bier. Darnach fastete er 17 Stunden und genoss dann am 26. August um 8 Uhr Vormittags 1·5<sup>1</sup> Milch; dann bis um 7 Uhr am folgenden Tage nur 200<sup>s</sup> Wasser. Am 27. August um 7 Uhr Vormittags wurde die erste Mahlzeit des Versuches und gleichzeitig 80<sup>s</sup> getrocknete Heidelbeeren zur Abgrenzung der Fäces genossen. Nach der letzten Mahlzeit der Versuchskost, das Abendbrod am 29. August, folgte Fasten während 24 Stunden. Am 30. August Abends genoss die Versuchsperson Milch, grobes Roggenbrod und getrocknete Heidelbeeren.<sup>1</sup>

Die Abgrenzung der Fäces gelang vorzüglich.

Während der Versuchsdauer wurde der Harn von 7 Uhr Vormittags bis 7 Uhr Vormittags am folgenden Tage gesammelt.

Die von der Versuchsperson genossene Kost ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Berechnung hat nach den im Anhang mitgetheilten Analysen stattgefunden.

### Einnahmen.

Versuchstag.	Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
I.	Frühstück	Kaffee	450	440·1	9·9	—	0·4	0·4	8·6	0·5
		Butter	20	4·0	16·0	0·1	—	15·6	0·1	0·2
		Käse	56	26·5	29·5	22·3	—	0·9	2·7	3·6
		Cakes	205	22·8	182·2	—	19·4	1·2	159·7	1·9
		Wasser	700	700·0	—	—	—	—	—	—
		Summe	1431	1193·4	237·6	22·4	19·8	18·1	171·1	6·2

<sup>1</sup> Tag	Kost	Tag	Fäces
26. Aug., 8 <sup>h</sup> Vorm.	Milch, darnach Fasten	27. Aug., 1 <sup>h</sup> Nachm.	Helle Fäces von norm. Consistenz
27. „ 7 <sup>h</sup> „	Versuchskost und Heidelbeeren	28. „ „ „	324 <sup>s</sup> schwarz gefärbte Fäces
28. „ „ „	do.	29. „ „ „	276 <sup>s</sup> Fäces
29. „ „ „	do.	30. „ 8 <sup>h</sup> 30' „	218 <sup>s</sup> „
30. „ „ „	Fasten	31. „ 2 <sup>h</sup> 30' „	Schwarz gefärbte Fäces
30. „ „ Nachm.	Milch, grobes Roggenbrod, getrocknete Heidelbeeren		

## Einnahmen (Fortsetzung).

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
Mittags- essen	Erbsensuppe	1073	914.2	158.8	—	36.5	15.0	88.0	19.3
	Pökelfleisch, ge- kocht	77	39.8	37.7	31.1	—	2.2	0.8	3.6
	Bier	342	323.2	18.8	—	2.4	—	7.9	1.0
	Cakes	130	14.4	115.6	—	12.3	0.8	101.3	1.2
	Wasser	1500	1500.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	3122	2791.1	330.9	31.1	51.2	18.0	198.0	25.1
Abend- brod	Butter	27	5.4	21.6	0.2	—	21.0	0.1	0.3
	Käse	58	27.5	30.5	23.1	—	0.9	2.8	3.7
	Cakes	165	18.4	146.6	—	15.6	1.0	128.5	1.5
	Thee	790	772.6	17.4	—	0.8	0.8	15.0	0.8
	Summe	1040	823.9	216.1	23.3	16.4	23.7	146.4	6.3
Der ganze Tag		5593	4808.4	784.6	76.8	87.4	59.8	515.5	37.6
					164.2				
II. Früh- stück	Chokolade	636	618.8	17.2	—	1.3	1.3	14.0	0.6
	Cakes	211	23.4	187.6	—	19.3	1.3	164.4	2.0
	Käse	48	22.8	25.2	19.1	—	0.7	2.3	3.1
	Butter	27	5.4	21.6	0.2	—	21.0	0.1	0.3
	Summe	922	670.4	251.6	19.3	21.2	24.3	180.8	6.0
Mittags- essen	Speck, gesalzen, gekocht	75	21.7	53.3	17.2	—	33.6	—	2.5
	Cakes	170	18.9	151.1	—	16.1	1.0	132.4	1.6
	Haferuppe	875	816.4	58.6	—	5.2	0.9	51.6	0.9
	Bier	370	349.7	20.3	—	2.6	—	8.5	1.1
	Summe	1490	1206.7	283.3	17.2	23.9	35.5	192.5	6.1
Abend- brod	Wasser	800	800.0	—	—	—	—	—	—
	Gerstenbrei	594	509.1	84.9	—	8.9	0.6	73.0	2.4
	Butter	26	5.2	20.8	0.2	—	20.2	0.2	0.2
	Cakes	22	2.5	19.5	—	2.1	0.1	17.1	0.2
	Summe	1442	1316.8	125.2	0.2	11.0	20.9	90.3	2.8
Der ganze Tag		3854	3193.9	660.1	36.7	56.1	87.0	463.6	14.9
					92.8				



## Einnahmen (Fortsetzung).

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
III. Früh- stück	Cakes	438	48.7	389.8	—	41.8	2.7	341.2	4.1
	Butter	28	5.6	22.4	0.2	—	21.8	0.1	0.3
	Käse	50	28.7	26.8	19.9	—	0.8	2.4	3.2
	Kaffee	594	580.9	13.1	—	0.6	0.6	11.3	0.6
	Summe	1110	658.9	451.1	20.1	41.9	25.9	355.0	8.2
Mittags- essen	Cakes	75	8.3	66.7	—	7.1	0.5	58.4	0.7
	Speck, gesalzen, gekocht	98	28.3	69.7	22.6	—	43.9	—	3.2
	Erbsensuppe	1291	1099.9	191.1	—	43.9	18.1	105.9	23.2
	Bier	360	340.2	19.8	—	2.5	—	8.3	1.1
	Wasser	600	600.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	2424	2076.7	347.3	22.6	53.5	62.5	172.6	28.2
Abend- brod	Cakes	161	17.9	143.1	—	15.2	1.0	125.4	1.5
	Butter	26	5.2	20.8	0.2	—	20.2	0.2	0.2
	Kaffee	360	352.1	7.9	—	0.4	0.4	6.8	0.3
	Summe	547	375.2	171.8	0.2	15.6	21.6	132.4	2.0
Der ganze Tag		4081	3110.8	970.2	42.9	111.0	110.0	660.0	38.4
					153.9				
Während der ganzen Dauer des Versuches		13528	11113.1	2414.9	156.4	254.5	250.5	1639.1	90.9
					410.9				
Mittel pro Tag		4509.3	3704.3	805.0	52.1	84.8	83.5	546.4	30.3
					136.9				

## Ausgaben.

Versuchstag	Fäces						Harn	N im Harn	Ent- sprech- ende Ei- weiss- menge
	Frisch	Trocken	N- Sub- stanz	Fett	N-freie Extractiv- stoffe	Asche			
	g	g	g	g	g	g	ccm	g	g
1.	—	—	—	—	—	—	1220	20.78	129.9
2.	—	—	—	—	—	—	1170	17.04	106.5
3.	—	—	—	—	—	—	1290	19.81	123.8
Summe	818	204.7	70.7	86.7	72.2	25.1	3680	57.63	360.2

Daraus berechnet sich der Verlust an

Eiweiss . . . . .	17.2%
Fett . . . . .	14.7 „
Kohlehydrate . . . .	4.4 „
Asche . . . . .	27.6 „
Trockensubstanz . .	8.5 „
Gesammt-Kraftzufuhr	8.6 „

Die Versuchsperson war während des Versuches fast in N-Gleichgewicht.

N in der Nahrung, Mittel pro Tag	21.90 g
„ in Harn und Fäces „ „ „	22.98 g
„ vom Körper . . . . .	1.08 g

### Versuch III.

Kost. Weiches Roggenbrod aus ganzem Korn; Kartoffeln; Hering, eingesalzen; Speck, eingesalzen; Milch.

Versuchsperson: V. N., 19 Jahre alt, Arbeiter, kräftig und gesund. Körpergewicht 65 kg, an die Versuchskost früher gewöhnt, arbeitete während des Versuches wie gewöhnlich.

Ein früherer Versuch mit derselben Kost an einem anderen Individuum misslang, weil die Versuchsperson die Kost erbrach. Auch bei diesem Versuch traf dasselbe ein: da aber das Erbrochene diesmal sorgfältig aufgehoben wurde, und die Versuchsperson sich sonst gesund fühlte, wurde der Versuch fortgesetzt. Das Erbrochene wurde analysirt und die darin enthaltenen Nahrungsstoffe von den Gesamteinnahmen subtrahirt.

Die Versuchsmethode war dieselbe wie bei den früheren Versuchen. Hier gelang jedoch die erste Abgrenzung der Fäces nicht ganz genau, sondern eine Portion von 100 g (feucht) musste besonders analysirt werden.

Auf Grund dessen werden hier zwei, übrigens nur wenig differente Grenzwerte des procentualen Verlustes angegeben.

## Einnahmen.

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
I. Früh- stück	Grobes, weiches Brod	517	212.0	305.0	—	42.4	3.1	251.8	7.7
	Schweinefleisch, eingesalzen	28	14.3	13.7	6.6	—	2.5	—	4.6
	Speck	108	6.2	101.8	2.2	—	98.6	—	1.0
	Milch	451	412.7	38.3	14.0	—	6.8	14.4	3.1
	Wasser während des Vormittags	333	333.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	1437	978.2	458.8	22.8	42.4	111.0	266.2	16.4
Mittags- essen	Brod	269	110.3	158.7	—	22.1	1.6	131.0	4.0
	Hering, eingesalz.	88	36.4	46.6	15.7	—	17.4	—	13.5
	Kartoffeln	392	301.4	90.6	—	7.9	—	80.0	2.7
	Milch	442	404.4	37.6	13.7	—	6.6	14.2	3.1
	Summe	1186	852.5	333.5	29.4	30.0	25.6	225.2	23.3
Vesper- brod	Brod	210	86.0	124.0	—	17.2	1.3	102.3	3.2
	Schweinefleisch, wie oben	25	12.8	12.2	5.8	—	2.3	—	4.1
	Speck	37	2.1	34.9	0.8	—	33.8	—	0.3
	Wasser während d. Nachmittags	1333	1333.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	1605	1433.9	171.1	6.6	17.2	37.4	102.3	7.6
Abend- brod	Brod	347	142.2	204.8	—	28.5	2.1	169.0	5.2
	Hering	48	21.0	27.0	9.1	—	10.1	—	7.8
	Milch	526	481.3	44.7	16.3	—	7.9	16.8	3.7
	Summe	921	644.5	276.5	25.4	28.5	20.1	185.8	16.7
Der ganze Tag		5149	3909.1	1239.9	84.2	118.1	194.1	779.5	64.0
					202.3				
II. Früh- stück	Brod	253	103.8	149.2	—	20.7	1.5	123.2	3.8
	Speck	42	2.4	39.6	0.9	—	38.3	—	0.4
	Fleisch	25	12.8	12.2	5.8	—	2.3	—	4.1
	Milch	337	308.3	28.7	10.4	—	5.1	10.8	2.4
	Summe	657	427.3	229.7	17.1	20.7	47.2	134.0	10.7

## Einnahmen (Fortsetzung).

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
Mittags- essen	Brod	192	78.7	113.3	—	15.7	1.2	93.5	2.9
	Hering	73	32.1	40.9	13.8	—	15.3	—	11.8
	Kartoffeln	331	254.6	76.4	—	6.6	—	67.5	2.3
	Milch	500	457.5	42.5	15.5	—	7.5	16.0	3.5
	Summe	1096	822.9	273.1	29.3	22.3	24.0	177.0	20.5
Vesper- brod	Brod	210	86.0	124.0	—	17.2	1.3	102.3	3.2
	Fleisch	33	16.9	16.1	7.7	—	3.0	—	5.4
	Speck	60	3.4	56.6	1.3	—	54.8	—	0.5
	Wasser während d. Nachmittags	333	333.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	636	439.3	196.7	9.0	17.2	59.1	102.3	9.1
Abend- brod	Milch	515	471.2	43.8	16.0	—	7.7	16.5	3.6
Der ganze Tag		2904	2160.7	743.3	71.4 131.6	60.2	138.0	429.8	43.9
III. Früh- stück	Brod	254	104.2	149.8	—	20.8	1.5	123.7	3.8
	Speck	53	3.0	50.0	1.1	—	48.4	—	0.5
	Fleisch	42	21.6	20.4	9.8	—	3.8	—	6.8
	Milch	460	420.9	39.1	14.3	—	6.9	14.7	3.2
	Wasser während des Vormittags	333	333.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	1142	882.7	259.3	25.2	20.8	60.6	138.4	14.3
Mittags- essen	Brod	132	54.1	77.9	—	10.8	0.8	64.3	2.0
	Kartoffeln	377	290.0	87.0	—	7.5	—	76.9	2.6
	Hering	43	18.9	24.1	8.1	—	9.0	—	7.0
	Milch	503	460.3	42.7	15.6	—	7.5	16.1	3.5
	Summe	1055	823.8	231.7	23.7	18.3	17.3	157.3	15.1
Vesper- brod	Brod	190	77.9	112.1	—	15.6	1.1	92.5	2.9
	Speck	49	2.9	46.1	1.0	—	44.7	—	0.4
	Fleisch	30	15.4	14.6	7.0	—	2.7	—	4.9
	Wasser während d. Nachmittags	666	666.0	—	—	—	—	—	—
	Summe	935	762.2	172.8	8.0	15.6	48.5	92.5	8.2

## Einnahmen (Fortsetzung).

Versuchs- tag. Mahlzeit	Kost	Brutto g	Wasser g	Trocken- substanz g	Anim. Eiweiss g	Veget. Eiweiss g	Fett g	Kohle- hydrate g	Asche g
Abend- brod	Brod	248	99.9	148.3	—	19.9	1.5	118.3	3.6
	Hering	40	17.5	22.5	7.6	—	8.4	—	6.5
	Milch	628	574.6	53.4	19.9	—	9.4	20.1	4.4
	Summe	911	691.8	219.2	27.1	19.9	19.3	138.4	14.5
Der ganze Tag		4048	3160.0	883.0	84.0	74.6	145.7	526.6	52.1
					158.6				
Während der ganzen Dauer des Versuches		12096	9229.8	2866.2	239.6	252.9	477.8	1735.9	160.0
					492.5				
Am 2. Tage Nachmittags erbrochen		363.8	192.9	170.9	21.4		80.4	62.4	6.7
Einnahmen während des Versuches		11732.2	9036.9	2695.3	471.1		397.4	1673.5	153.3
Mittel pro Tag		3910.7	3012.3	898.4	157.0		132.5	557.8	51.1

## Ausgaben.

Versuchstag	Fäces <sup>1</sup>						Harn ccm	N in Harn g	Ent- sprech- ende Ei- weiss- menge g
	Frisch g	Trocken g	N- Sub- stanz g	Fett g	N-freie Extractiv- stoffe g	Asche g			
1.	Hauptmasse: 1348.1	846.3	105.4	71.4	123.9	45.6	1570	22.45	140.3
2.	Grenzstück: —	—	—	—	—	—	1810	21.38	133.6
3.	102.0	34.0	10.3	3.8	15.0	4.9	1693	24.62	153.9
Summe	Min. 1348.1	846.3	105.4	71.4	123.9	45.6	5078	68.95	427.8
	Max. 1450.1	380.3	115.7	75.2	138.9	50.5	—	—	—
Mittel	Min. 449.3	115.4	35.1	23.8	41.3	15.2	—	—	—
pro Tag	Max. 483.3	126.8	38.6	25.1	46.3	16.8	1691	22.82	142.6
<sup>1</sup> Tag.	Kost.						Fäces.		
21. Aug., 8 <sup>h</sup> Vorm.	Frühst., darnach Fast.						21. Aug., 7 <sup>h</sup> Nachm.		
22. „ 8 <sup>h</sup> „	Versuchsk. u. Heidelb.						22. „ 4 u. 7 <sup>h</sup> „		
23. „	Versuchskost						23. „ 11 <sup>h</sup> Vorm.		
24. „	„						Theilweise Ver- suchsfäces		
25. „	Fasten bis 8 <sup>h</sup> Nachm., da Abendbr.u. Heidelb. eingenommen wurde						25. „ 6 <sup>h</sup> Nachm.		
	Gewöhnliche Kost						24. „ 11 <sup>h</sup> Vor-u. 7 <sup>h</sup> „		
							25. „ 7-8 <sup>h</sup> Nachm.		
							26. „ 2-3 <sup>h</sup> „		
							Helle Versuchsfäc.		
							Schwarz gef. Fäces		

Der Verlust beträgt also an

	Min.	Max.
Eiweiss . . . . .	22.4 ‰	24.7 ‰
Fett . . . . .	18.0 „	18.9 „
Kohlehydrate . . . .	7.4 „	8.3 „
Asche . . . . .	29.7 „	32.9 „
Trockensubstanz . .	12.9 „	14.1 „
Gesamtkraftzufuhr.	12.8 „	14.0 „

Die gesammte Eiweissmenge der Kost betrug 471.1<sup>g</sup>, während der N-Gehalt der Excrete einer Eiweissmenge von 540.7<sup>g</sup> entsprach. Während des Versuches setzte also die Versuchsperson etwa 169.6<sup>g</sup> Eiweiss von ihrem eigenen Körper zu. Beim Vergleich der Eiweissmenge der Kost während der einzelnen Versuchstage mit der gleichzeitig umgesetzten Eiweissmenge findet man, dass dieser Verlust während der beiden letzten Versuchstage stattgefunden hat. Am zweiten Versuchstage betrug die potentielle Energie der Kost 2493.84 Wärmeinheiten, was für die von der Versuchsperson auszuführende Arbeit ziemlich gering war und die Differenz zwischen der zugeführten und der umgesetzten Eiweissmenge an diesem Tage theilweise erklären dürfte. Dies kann aber nicht vom dritten Versuchstage gelten, denn an diesem Tage repräsentirte die Kost eine Kraftzufuhr von 4164.33 WE., was für die Arbeit der Versuchsperson reichlich genügte. Ein anderer Erklärungsgrund der abnorm gesteigerten Eiweissumsetzung könnte möglicher Weise in dem grossen Gehalt der Kost an Kochsalz zu finden sein. Warum machte sich aber diese Wirkung des Kochsalzes nicht schon am ersten Versuchstage geltend? Vor dem Versuch fastete die Versuchsperson, wie schon erwähnt, 24 Stunden lang, und während dieser Zeit gab der Körper Wasser von sich selbst ab. Bei jetzt folgender Nahrungszufuhr wurde Wasser zurückgehalten, um den Wasserverlust am Fastentage zu decken. So wurde am ersten Versuchstage im Harn nur 40.2 ‰ des gewonnenen Wassers ausgeschieden, während die Harnmenge am zweiten Tage 92.0 ‰ und am dritten Tage 53.6 ‰ der Wasserzufuhr betrug. Es erscheint daher nicht unwahrscheinlich, dass eine vom Kochsalz bedingte vermehrte Eiweisszersetzung während aller drei Versuchstage stattgefunden hat, dass aber diese wegen der geringeren Wasserausscheidung durch die Nieren am ersten Versuchstage nicht von einer entsprechenden N-Ausscheidung im Harn begleitet gewesen ist.

Es ist ja schon längst bekannt, dass das animalische Eiweiss in der Regel besser als das vegetabilische ausgenützt wird. Wir können jedoch nicht erwarten, bei den hierher gehörigen Versuchen einen voll-

ständigen Parallelismus zwischen dem Procentgehalt der Kost an animalischem Eiweiss und der im Darm ausgenützten Eiweissmenge zu finden. Die Ausnützung des vegetabilischen Eiweisses ist nämlich von der Art und Weise, wie die Kost zubereitet ist, wesentlich abhängig, und zwar in einem viel höheren Grade, als dies beim animalischen Eiweiss der Fall ist. So hat man gefunden, dass gut gekochte und zubereitete vegetabilische Nahrungsmittel nicht viel schlechter als animalische Nahrungsmittel im Darne ausgenützt werden.<sup>1</sup> Wenn sie aber ohne eine sorgfältige Zubereitung genossen werden, so werden die N-haltigen vegetabilischen Nahrungsstoffe den Verdauungsflüssigkeiten weniger zugänglich und in grösserer Menge mit den Fäces ausgeschieden.

Im Erbsenmehl wird das Eiweiss mit nur 10% Verlust ausgenützt. Als Puré genossen zeigten Erbsen einen Verlust an Eiweiss von 17.5 bis 27.8% (Rubner). Bei ungeschälten Erbsen betrug der Verlust an Eiweiss sogar 40%.

Aus demselben Grunde fanden wir bedeutende Schwankungen in Bezug auf die Ausnützung verschiedener Brodsorten. Die Kleie wird, wie bekannt, nur schlecht im Darne des Menschen ausgenützt. Je grösser der Kleiegehalt des Brodes ist, um so schlechter wird es ausgenützt. Hierin liegt die Ursache der beträchtlichen Differenz in Bezug auf die Ausnützung des Eiweisses und der Kohlehydrate bei den Versuchen I und II, eine Differenz, von welcher eben die verschieden grosse Menge der Fäces pro Tag uns eine Vorstellung liefert. Beim Versuch I betrugen die Fäces frisch 463 g, trocken 105 g, während sie im Versuch II nur 273 g, bezw. 68 g betrugen. Da diese beiden Versuche an einer und derselben Person ausgeführt worden sind, wollen wir sie etwas eingehender vergleichen.

Beim Versuch I wurde grobes, weiches Roggenbrod aus ganzem Korn, beim Versuch II Brod aus feinem, gebeuteltem Roggenmehl, Cakes, genommen. Bei jenem wurde der Gehalt an Hülsen nach Wattenberg's Methode, gleich 9.99%, gefunden. Die Analyse der Hülsen ergab:

$$\begin{aligned} 3.67\% \text{ N} &= 22.9\% \text{ N-Substanz,} \\ 74.8\% &\text{ N-freie Extractivstoffe,} \\ 2.3\% &\text{ Asche.} \end{aligned}$$

Im kleiehaltigen Brod im Versuch I wurden 258.9 g Hülsen mit 59.3 g N genossen. Angenommen, diese hätten ganz unverdaut den Darm verlassen, so wären die übrigen N-haltigen Substanzen der

---

<sup>1</sup> Im Kleber wird das Eiweiss mit einem Verlust von nur 5.7% ausgenützt (Rubner, *Zeitschr. f. Biol.*, XIX, S. 74).

Kost mit einem Verlust von 10.4% ausgenützt worden. Dass dieser Verlust nicht unerheblich geringer ist als der Verlust an Eiweiss beim Versuch II, dürfte theils in der verschiedenen grossen Menge von animalischem Eiweiss (im Versuch I 44.2%, im Versuch II 38% des Gesamteiweisses), theils in der verschiedenen Form, in welcher das vegetabilische Eiweiss in den beiden Versuchen vorkam, bedingt sein. Wenn wir nämlich die N-Substanz der Hülsen von dem gesammten vegetabilischen Eiweiss im Versuch I subtrahiren, so finden wir, dass die übrigen 198.5 g zu

66.8% aus kleiefreiem Brod,  
16.5% aus Erbsen,  
11.5% aus Grützen

stammen.

Von den beim Versuch II genossenen 254.5 g vegetabilischem Eiweiss waren

58.5% Brodeiweiss,  
31.6% Erbseneiweiss,  
5.5% Grützeneiweiss.

Ziehen wir also die Hülsensubstanz des Brodes im Versuch I ab, so haben wir von vornherein eine verhältnissmässig schlechtere Ausnützung des Eiweisses im Versuch II als im Versuch I zu erwarten. In ungeschälten Erbsen und Grützen werden nämlich, nach Rubner und Osawa, das Eiweiss schlechter als im Brod aus gebeuteltem Mehl ausgenützt.

In Bezug auf die N-freien Extractivstoffe finden wir im Versuch I, dass sie viel schlechter als im Versuch II ausgenützt worden sind, was wieder von der reichlichen Menge der Hülsensubstanz im Versuch I bedingt ist. In den Hülsen fanden sich 198.7 g N-freie Extractivstoffe, in den Fäces nur 141.6 g. Auch wenn man annimmt, dass die ganze Menge der N-freien Extractivstoffe der Hülsensubstanz des Brodes entstammte, so würde jedoch diese zu mindestens 26.9% ausgenützt worden sein.

Mit Abzug der N-freien Substanz der Hülsen enthielt die Kost im Versuch I 1458.2 g Kohlehydrate. Unter der Annahme, dass diese, wie im Versuch II, mit einem Verlust von 4.4% ausgenützt worden sind, würde der nicht resorbierte Rest der N-freien Substanz der Hülsen nur 77.4 g betragen; von dieser Substanz würden also im Maximum 60.0% ausgenützt worden sein.

In Bezug auf die Ausnützung des Fettes findet sich eine beträchtliche Differenz zwischen den Versuchen I und II. Diese erklärt sich zum Theil wenigstens aus dem verschieden grossen Fettgehalt der Kost,



im Versuch I 54.1<sup>g</sup>, im Versuch II 83.5<sup>g</sup> pro Tag. Da auch bei einer möglichst fettfreien Kost die Fäces eine gewisse Menge von Aetherextract enthalten, muss natürlich der Procentverlust an Fett um so grösser erscheinen, je geringer der Fettgehalt der Kost ist.

Versuch I und Versuch III sind in der Beziehung unter einander übereinstimmend, dass bei beiden dieselbe Brodsorte, weiches, grobes Roggenbrod aus ganzem Korn, genossen wurde. Der Gehalt an Hülsen wurde auch im Versuch III bestimmt und fand sich zu 8.77%.

Die getrockneten Hülsen enthielten

25.5% N-Substanz,

72.1% N-freie Extractivstoffe,

2.4% Asche.

Die im Brod genossenen Hülsen (235.8<sup>g</sup>) enthielten 60.1<sup>g</sup> N-Substanz. Wird diese Menge von dem Eiweiss in der Kost und in den Fäces subtrahirt, so stellt sich der Verlust an Eiweiss gleich 12.3%.

Die Kohlehydrate im Versuch III wurden mit einem Verlust von 7.9% ausgenützt, was mit der Ausnützung von Kohlehydraten im Versuch I übereinstimmt.

Die N-freien Stoffe in den Hülsen des Brodes betrugen 170<sup>g</sup> und in den Fäces 131.4<sup>g</sup>.

Nach derselben Ueberlegung wie beim Versuch I finden wir, dass sie im Versuch III zu mindestens 22.7%, höchstens 61.6% ausgenützt worden sind.

Weil das Fett im Versuch III zu etwa 80% aus Hering und Speck stammte, hat die Ausnützung desselben bei diesem Versuch ein besonderes Interesse. Atwater hat gezeigt,<sup>1</sup> dass das Fischfett fast ebenso gut wie das Fett aus Ochsenfleisch ausgenützt wird. In drei Versuchen mit Speck fand Rubner einen Verlust an Fett von 7.8 bis 17.4%.<sup>2</sup>

Dies sind die einzigen uns bekannten Angaben über die Ausnützung des Fettes in diesen zwei wichtigen Nahrungsmitteln. Die Ergebnisse eines Ausnützungsversuches, bei welchem diese Nahrungsmittel die hauptsächlichste Quelle des Fettes waren, können daher ein gewisses Interesse beanspruchen.

Der Fettverlust im Versuch III betrug 18.5%, also etwas mehr als der maximale Fettverlust in Rubner's Versuch. Die Ursache davon ist aller Wahrscheinlichkeit nach darin zu suchen, dass sowohl Hering als Speck gesalzen, aber roh genossen wurden und daher

<sup>1</sup> Atwater, *Zeitschr. f. Biol.*, XXIV, S. 26.

<sup>2</sup> Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* XV, S. 189.

weniger leicht digestibel waren. Auch konnte man in den Fäces fast unveränderte, meistens sehnige Speckstückchen beobachten.

Die Menge der Asche schwankt sowohl in den Einnahmen als in den Ausgaben innerhalb ziemlich weiter Grenzen, nämlich:

	Versuch I	Versuch II	Versuch III
In der Kost pro Tag	27.3	30.3	51.1
In den Fäces „ „	11.6	8.4	16.0

Wir finden hier keinen Parallelismus zwischen der absoluten Menge der Asche in den Einnahmen und Ausgaben.

Der grössten Aschenmenge in der Kost (Versuch III) entspricht allerdings die grösste Aschenmenge in den Fäces; während aber im Versuch I von 27.3<sup>g</sup> Asche in der Kost 11.6<sup>g</sup> in den Fäces gefunden werden, gaben im Versuch II 30<sup>g</sup> Asche in der Kost nur 8.4<sup>g</sup> in den Fäces.

Der Verlust an Asche beträgt im Versuch I 41.6%, im Versuch II 27.6%, im Versuch III 31.3%.

Bei dem Versuche, wo die Kost an Asche am ärmsten ist, ist also der proc. Verlust am grössten. Wir haben hier wieder an den Einfluss der Verdauungsflüssigkeiten zu denken.

Um die Ausnützung der verschiedenen Kostmaasse besser übersehen zu können, haben wir die potentielle Energie der in den Fäces erschienenen unresorbirten Nahrungsstoffe berechnet und mit der potentiellen Kost verglichen.

Es hat sich ergeben, dass im Versuch I 13.2%, im Versuch II 8.6%, im Versuch III 13.4% der gesammten Kraftzufuhr der Kost nicht ausgenützt worden sind. Der proc. Verlust ist in den Versuchen I und III fast gleich gross, beträchtlich geringer aber im Versuch II, was, wie schon bemerkt, von dem grossen Kleiegehalt der Kost in I und II bedingt ist.

Rubner schätzt den proc. Verlust an Energie bei einer gemischten Kost zu 8.11%.<sup>1</sup> Diese Zahl stimmt mit der von uns in Versuch II gefundenen, wo der Kleiegehalt der Kost gering war, vollständig überein. In den zwei anderen Versuchen nähert sich der Verlust demjenigen, den Rubner bei seinen Versuchen mit Schwarzbrot erhielt, 15%.

*Nach den hier mitgetheilten Versuchen können wir nur diejenigen Grenzwerte, 8 bis 15%, angeben, zwischen welchen bei einer Arbeiterkost der proc. Verlust an potentieller Energie wahrscheinlich schwankt.*

<sup>1</sup> Rubner, Zeitschr. f. Biol., XXI, S. 387.

## Anhang.

## I. Analysen der Nahrungsmittel.

## Versuch I.

Nahrungsmittel	Eiweiss %	Fett %	Kohle- hydrate %	Trocken- substanz %	Wasser %	Asche %	Hüllen %
Grobes weiches Roggenbrod aus ganzem Korn <sup>1</sup> („Ankarstock“) . . .	7.4	1.1	47.6	57.6	42.4	1.5	26.9
Butter <sup>1. 2</sup> . . . . .	0.7	85.5	0.6	87.8	12.2	1.0	—
Kümmelkäse . . . . .	39.0	5.7	7.2	56.6	43.4	4.7	—
Magermilch . . . . .	3.0	0.5	3.0	7.8	92.7	0.8	—
Kaffee (mit Zucker) . . . . .	0.1	0.1	1.9	2.2	97.8	0.1	—
Fleischsuppe . . . . .	0.8	1.5	1.9	4.7	95.3	0.5	—
Erbsensuppe . . . . .	3.2	0.5	7.6	12.0	88.0	0.7	—
Kartoffeln, gekocht . . . . .	1.2	0.2	16.5	18.4	81.6	0.5	—
Ochsenfleisch, gekocht . . . . .	37.8	2.0	—	40.7	59.8	0.9	—
Pökelfleisch „ . . . . .	44.6	4.5	1.0	56.2	43.8	6.1	—
Gerstenbrei . . . . .	1.7	0.2	13.0	15.6	84.4	0.7	—

## Versuch II.

Cakes (aus gebenteltem Roggenmehl) <sup>1</sup> . . . . .	9.44	0.61	77.90	88.88	11.12	0.93	—
Butter <sup>1. 2</sup> . . . . .	0.7	77.8	0.6	80.1	19.9	1.0	—
Kümmelkäse . . . . .	39.9	1.5	4.8	52.6	47.4	6.4	—
Chokolade . . . . .	0.2	0.2	2.2	2.7	97.3	0.1	—
Hafersuppe (mit Aepfeln) . . . . .	0.6	0.1	5.9	6.7	98.3	0.1	—
Erbsensuppe . . . . .	3.4	1.4	8.2	14.8	85.2	1.8	—
Speck, gepökelt und gekocht . . . . .	23.0	44.8	—	71.1	28.9	3.3	—
Pökelfleisch, gekocht . . . . .	40.4	2.8	1.1	49.0	51.0	4.7	—
Gerstenbrei . . . . .	1.5	0.1	12.3	14.3	85.7	0.4	—
Bier <sup>3</sup> . . . . .	0.7	—	2.3	5.5	94.5	0.3	—
Kaffee (mit Zucker) <sup>4</sup> . . . . .							
Thee (mit Zucker) <sup>5</sup> . . . . .							

## Versuch III.

Kartoffeln, gekocht . . . . .	2.0	—	20.4	23.1	76.9	0.7	—
Grobes weiches Roggenbrod . . . . .	8.2	0.6	48.7	59.0	41.0	1.5	23.6
Magermilch . . . . .	3.1	1.5	3.2	8.5	91.5	0.7	—
Eingesalzenes Schweinefleisch, fettes . . . . .	2.1	91.3	—	94.3	5.7	0.9	—
„ „ mageres . . . . .	23.4	9.1	—	48.8	51.2	16.3	—
Hering, gesalzen . . . . .	18.9	21.0	—	56.1	43.9	16.2	—

<sup>1</sup> Mittel aus zwei Analysen.<sup>2</sup> Nur das Fett bestimmt; sonst nach König.<sup>3</sup> Als schwaches Bier nach Almén berechnet.<sup>4</sup> Berechnet nach der Analyse im Versuch I.<sup>5</sup> Berechnet als Kaffee.

## II. Die chemische Zusammensetzung der Fäces.

Versuch	N-Substanz %	Fett %	N-freie Extractiv- stoffe %	Trocken- substanz %	Wasser %	Asche %
I. <sup>1</sup> . . . . .	7.8	2.7	10.2	22.7	77.3	2.5
II. <sup>1</sup> . . . . .	8.64	4.49	8.82	25.02	74.98	3.07
III. a) Die Hauptmasse <sup>1</sup> . . . . .	7.82	5.30	9.19	25.69	74.31	3.38
b) Das Grenzstück (vgl. S. 126) <sup>1</sup>	10.10	3.70	14.70	33.30	66.70	4.80

<sup>1</sup> Mittel aus zwei, unter einander übereinstimmenden Analysen.

# Experimentelle Beiträge zur Kenntniss des Pylorus-secretes beim Hunde.<sup>1</sup>

Von

Dr. J. H. Åkerman.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

Die ersten Untersuchungen über den verschiedenen Bau der Magendrüsen in der Fundus- und Pylorusgegend verdanken wir Bischoff und Wassmann. Spätere Beobachter haben diese Wahrnehmungen, die beim Schweine und Hunde gemacht sind, im Allgemeinen bestätigt. Gleiche Verhältnisse findet man bei allen Säugethieren, auch beim Menschen.

Wie bekannt, werden die Magendrüsen in Fundusdrüsen und Pylorusdrüsen getheilt, seitdem Kölliker,<sup>2</sup> Heidenhain<sup>3</sup> und Rollet<sup>4</sup> gezeigt haben, dass in jenen zwei Zellarten — Hauptzellen (adelomorphe Zellen) und Belegzellen (delomorphe Zellen) — in diesen aber nur Cylinderzellen erstgenannter Art vorkommen. Fundus- und Pylorusdrüsen unterscheiden sich auch durch die viel beträchtlichere Länge, das viel engere Lumen und die viel dichtere Anordnung der ersteren.

Nach Beobachtungen am Hundemagen erklärt Ebstein,<sup>5</sup> dass keine bestimmte Grenze zwischen dem Fundus- und dem Pylorustheil zu

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen am 24. März 1894.

<sup>2</sup> Kölliker, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. II. S. 147.

<sup>3</sup> Heidenhain, *Ibid.* Bd. VI. S. 372.

<sup>4</sup> Rollet, *Untersuch. a. d. physiol. Inst. Graz.* 1871. S. 143.

<sup>5</sup> Ebstein, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. VI. S. 538.

ziehen ist. Er beschreibt eine „intermediäre Zone“, wo zwischen einer Reihe Pylorusdrüsen häufig eine oder mehrere Fundusdrüsen eingestreut sind. Der Uebergang ist da zu finden, wo sich die mehr oder weniger rothe Farbe der Magenschleimhaut in die graublasse der Regio pylorica verliert. Die intermediäre Zone hat eine Breite von 1—2<sup>cm</sup>. Einen anderen Unterschied zwischen Pylorus- und Fundustheil gewinnt man dadurch, dass die Falten der Schleimhaut in der ersteren Gegend weniger ausgesprochen und flacher sind, sowie leichter ausgeglichen werden.

Klemensiewicz<sup>1</sup> konnte dagegen keine intermediäre Zone finden, sondern sah zwischen den beiden Drüsenarten eine scharfe, sanft geschlängelte Grenze. An der kleinen Curvatur liegt diese Grenzlinie 5<sup>cm</sup> nach links vom Pylorus; an der grossen Curvatur 1—2<sup>cm</sup> höher gegen die Cardia. Dies gilt für kleine Hunde; bei grossen liegt die Grenze, sowohl oben wie unten, ein oder einige Centimeter weiter nach links.

Auch Nussbaum<sup>2</sup> spricht von einer intermediären Zone, die beim Hunde schon äusserlich wahrnehmbar ist, da die Schleimhaut und Muscularis hier nur wenig mehr als halb so dick sind als diese Häute im Fundus- und Pylorustheil.

Die physiologische Function dieser verschiedenen Drüsen ist lebhaft discutirt worden. Kölliker, Donders,<sup>3</sup> Schiff<sup>4</sup> u. A. hoben hervor, dass die Pylorusdrüsen nur Schleim lieferten. Gegen diese Lehre sind später zahlreiche Einwürfe gemacht worden. Ebstein, Brunn und Grützner<sup>5</sup> wiesen die constante Anwesenheit von Pepsin in der Pylorusschleimhaut nach. Friedinger<sup>6</sup> und v. Wittich<sup>7</sup> vertheidigten die alte Auffassung. Alle diese Untersuchungen wurden so angestellt, dass man sich von Infusen und Extracten der Pylorusschleimhaut bediente.

Um der Frage näher zu treten, suchte Klemensiewicz reines Pylorussecret zu gewinnen. Durch zwei verticale Schnitte isolirte er die Regio pylorica von Duodenum und Fundus und nähte die beiden

<sup>1</sup> Klemensiewicz, *Sitzungsber. d. math.-naturw. Cl. d. Akad. d. Wiss. in Wien*. 1875. S. 249.

<sup>2</sup> Nussbaum, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. XVI. S. 535.

<sup>3</sup> Donders, *Physiologie*. 1859. S. 210.

<sup>4</sup> Schiff, *Leçons d. l. phys.* 1867. T. II. S. 289.

<sup>5</sup> Brunn und Ebstein, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. III. S. 565. Ebstein und Grützner, *Ibid.* Bd. VI. S. 1. Bd. VIII. S. 122 u. 621.

<sup>6</sup> Friedinger, *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss.* Wien. Bd. LIV. S. 325.

<sup>7</sup> v. Wittich, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. VII. S. 18. *Ibid.* Bd. VIII. S. 444.

letzten Abtheilungen zusammen. Nachdem die Pylorusränder rechts und links — die untere Ecke ausgenommen, die in der Bauchwunde eingenäht wurde — vereinigt worden waren, hatte er einen isolirten, nach aussen offenen Saccus pyloricus. Von drei so operirten Hunden lebte keiner mehr als einige Tage. Sechs weitere Hunde, bei welchen eine Canüle gleich in die Pylorusfistel eingebunden wurde, verendeten in kurzer Zeit — höchstens 53 Stunden. Auch hier war Peritonitis die Todesursache. In sechs neuen Versuchen begnügte sich Klemensiewicz damit, den Pylorus vom Fundus zu trennen. Zwischen Duodenum und Regio pylorica feste Constriction; durch die Bauchwunde Canülen sowohl im Pylorus als im Fundus. Auch diese Hunde sind binnen wenigen Tagen an Peritonitis gestorben. Das aufgenommene, dickflüssige Pylorussecret reagirte immer alkalisch. Aus diesen Beobachtungen zieht Klemensiewicz daher den Schluss, dass die Schleimdrüsen Pepsin aber keine Säure absondern. Da jedoch die Hunde höchstens ein paar Tage lebten, wollten die Gegner wahrscheinlich machen, dass pepsinhaltiger Fundusschleim nach der Operation in dem Pylorusblindsacke zurückgeblieben wäre, und erkannten folglich Klemensiewicz' Experimenten keine Beweiskraft zu.

Um die Hunde längere Zeit beobachten zu können, machte Heidenhain<sup>1</sup> neue Versuche. Von sechs in oben genannter Weise operirten Hunden konnte einer nicht mitgerechnet werden, weil ein Theil des Fundus am Pylorusblindsack zurückgeblieben war. Ein zweiter Hund wurde am vierzehnten Tage getödtet; in dem Vereinigungsrand zwischen Duodenum und Fundus hatte sich eine beinahe impermeable Stricture ausgebildet. Ein dritter Hund wurde mehrere Monate am Leben erhalten. Die drei übrigen sind binnen kurzer Zeit gestorben. Bei dem zweiten und dritten Hund wurde ein alkalisches, glashelles, zähflüssiges Secret gewonnen, welches reich an Pepsin und Labferment war.

Durch diese Versuche schien also die Frage von der Beschaffenheit des Pylorussecretes entschieden zu sein, besonders da Untersuchungen anderer Art Resultate gegeben hatten, welche mit den bis jetzt erwähnten in vollkommener Uebereinstimmung standen. Bei einigen Batrachiern hat v. Swiecicki<sup>2</sup> in der Magenschleimhaut nur Drüsen mit Belegzellen gesehen. Im Oesophagus und Cardia fanden sich dagegen zahlreiche Drüsen vor, die vollkommen so gebaut waren, wie die Pylorusdrüsen bei den Säugethieren. Die weisse, alkalisch

<sup>1</sup> Heidenhain, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XVIII. S. 169. *Ibid.* Bd. XIX. S. 148.

<sup>2</sup> v. Swiecicki, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XIII. S. 444.

reagirende Schleimhaut des Oesophagus konnte von der gelben, im Zustande der Verdauung stark sauer reagirenden Schleimhaut des Magens, leicht unterschieden werden. Wenn v. Swiecicki eine Ligatur zwischen Magen und Oesophagus legte, erhielt er Resultate, die mit Bestimmtheit dafür sprachen, dass die Pepsinbildung besonders, oder allein, im Oesophagus vorhanden ist, und dass die Belegzellen des Magens die Säure liefern. Jedoch konnte er beinahe immer auch im Magen kleine Mengen Pepsin nachweisen. Wenn er keine Ligatur angelegt hatte, fand er immer Pepsin im Magen, was davon bedingt sei, dass entweder pepsinhaltiges Oesophagussecret die Speisen imbibirt hätte, oder verschluckt worden wäre. „Stets waren die geringsten Mengen von Pepsin in der Regio pylorica anzutreffen“.

Aehnliche Stütze für die Meinung Heidenhains hat Sewall<sup>1</sup> gegeben. Bei jüngeren Schafsembryonen fand dieser Forscher in den Fundusdrüsen nur Belegzellen; erst bei ein wenig älteren — von etwa 20<sup>cm</sup> Länge — konnte er auch Hauptzellen nachweisen. In allen Fällen der erstgenannten Kategorie erhielt er keine Pepsinreaction. Erst wenn die Hauptzellen erschienen waren, konnte er eine deutliche Pepsinreaction erhalten.

Es ist nicht nöthig hier einige mehr theoretische Gründe anzuführen. Diese und ähnliche Verhältnisse haben Heidenhain<sup>2</sup> veranlasst, den Satz aufzustellen, dass die Belegzellen die Säure, die Hauptzellen das Pepsin des Magensaftes absondern.

Bald hat man aber wieder angefangen, diese Meinung anzugreifen. v. Swiecicki's Untersuchungen sind von Fränkel<sup>3</sup> wieder aufgenommen. Seine Versuche zeigten, dass sowohl im Oesophagus wie im Magen des Frosches das in Säuren und Salzen lösliche Propepsin oder Pepsinogen immer vorhanden ist. Ausserdem hält Fränkel es für sehr wahrscheinlich, dass man in diesen beiden Theilen auch die im Wasser lösliche Modification des Pepsins nachweisen kann. Seine Versuche, den Oesophagus vom Magen zu trennen, um reines Secret zu gewinnen, sind dadurch gescheitert, dass die Thiere sämmtlich binnen wenigen Tagen gestorben sind. Wenn er Glas- oder Hartgummicylinder im Cardiatheil eingebunden hatte, und durch eine Magenfistel in Tüllsäcken eingeschlossene Fibrinflocken hineinlegte, fand er immer, dass der vorher ausgespülte Magen das Fibrin vollkommen verdaute. Die Thiere konnten bis 14 Tage am Leben erhalten werden. Jedes Mal

<sup>1</sup> Sewall, *Journ. of Physiology*. Bd. I. S. 320.

<sup>2</sup> Heidenhain, *Handbuch d. Physiologie*. 5. 1. S. 135.

<sup>3</sup> Fränkel, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XLVIII. S. 63.



constatirte er, dass der eingebundene Körper festsass, und dass keine Communication zwischen Magen und Oesophagus möglich war. Da er also v. Swiecicki's Conclusionen nicht beistimmen will, glaubt er den Satz aufstellen zu können, dass die Belegzellen im Magen der Batrachier sowohl Salzsäure als Pepsin absondern.

In der letzten Zeit ist ein französischer Forscher, Contejean,<sup>1</sup> noch schärfer gegen die vorherrschende Auffassung aufgetreten. Den Versuchen v. Swiecicki's gegenüber richtet Contejean erst die Aufmerksamkeit darauf, dass man kein Recht hat, von einer Pepsinimbibition der Magenschleimhaut zu sprechen. Wenn er den linken Theil des Magens einer digerirenden Maus abpräparirte und genau ausspülte, erhielt er — auch bei Zusatz von Salzsäure 1:1000 — eine vollkommen unwirksame Flüssigkeit.

v. Swiecicki erhielt positives Degestionsresultat auch wenn er die Oesophagusschleimhaut von Tritonen und Kröten untersuchte. Contejean richtet die Aufmerksamkeit darauf — was schon Partsch<sup>2</sup> gezeigt hatte —, dass diese Thiere am genannten Orte keine „Pepsindrüsen“ haben.

Um seine Einwände vollkommen zu beweisen, hat Contejean bei Fröschen den Pylorus geöffnet und durch eine eingebundene Canüle den Magen mit ca. 200<sup>cem</sup> Salzlösung (0.7%) ausgespült. Nachdem das Wasser durch den Mund geronnen war, und die Magenschleimhaut keine saure Reaction mehr gab, legte er eine feste Ligatur um die Cardia. Nachher führte er etwas Fleisch oder coagulirtes Eiweiss in den Magen hinein; Ligatur um Pylorus. Immer sah er den Mageninhalt in vier oder fünf Tagen vollkommen digerirt.

Bei anderen Fröschen legte er keine Ligatur um den Pylorus, sondern nur um die Cardia, und machte eine Magenfistel durch die obengenannte Oeffnung. Das angesammelte Secret enthielt Pepsin und freie Salzsäure.

Auch die Beweiskraft von Sewall's Beobachtungen sucht er zu verringern. Bei neugeborenen Hunden und Katzen findet man nur in dem Falle, wenn die Thiere drei Wochen alt sind, von der sauren Magenschleimhaut eine Fermentwirkung. Aber schon bei der Geburt sieht man in den Magendrüsen einige Hauptzellen. Das Pepsin kann also erst später nachgewiesen werden, als die Zellen, in welche man die Absonderung desselben verlegen will, erscheinen.

Den schon angeführten Versuchen am Hunde gegenüber verhält er

<sup>1</sup> Contejean, *Archives de Physiologie*. Bd. XXIV. S. 554.

<sup>2</sup> Partsch, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. XIV. S. 179.

sich nicht weniger zweifelnd. Das aufgesammelte Secret ist nicht normal. Von Darmfisteln erhält man — wie vielfach constatirt ist — eine sehr wenig oder gar nicht wirksame Absonderung. Die Hunde Klemensiewicz' sind so früh gestorben, dass die Experimente nichts klarlegen. Heidenhain hat nur ein Mal Gelegenheit gehabt, reines Pylorussecret eine längere Zeit hindurch zu untersuchen. Da aber die Prüfung erst drei Wochen nach der Operation angefangen hat, war die Schleimhaut schon in ein atrophisches Stadium übergegangen. Oft findet man bei mechanischer Reizung der Schleimhaut, dass „le fond de l'estomac“ ein deutlich alkalisches Secret liefert.

Um seine Auffassung zu stützen, machte Contejean einige Versuche, bei welchen er nach fester Tamponade zwischen Fundus und Pylorus das reine Secret von der genau ausgespülten letzten Abtheilung zu gewinnen suchte. An einem anderen Hund — der ungefähr in ähnlicher Weise behandelt wurde — spritzte er in den Fundus Blutlaugensalz ein, konnte es aber nicht im Pylorussecret nachweisen, was beweisen soll, dass die Communication zwischen den beiden Abtheilungen des Magens vollständig unterbrochen war.

Die Kritik und die Experimente Contejean's werden so resumirt: „Ces expériences me semblent démontrer que la sécrétion pylorique du chien est normalement acide et, par suite, la production de l'acide du suc gastrique ne serait être localisée dans les cellules de revêtement.“

„Toutes les cellules des glandes de l'estomac concourent à la sécrétion des acides; les cellules principales sécrètent les éléments liquides du suc gastrique et renferment de la propepsine soluble, tandis que les cellules de bordure contiennent surtout de la propepsine insoluble.“

Weil sich diese Einwände verschiedener Forscher mit der bisherigen Auffassung nicht vereinigen lassen, und weil man nur in einem Falle reines Pylorussecret vom Hunde gewonnen hat, habe ich versucht durch neue operative Experimente die Frage ein wenig zu erklären und dadurch einen positiven Ausschlag in der einen oder anderen Richtung zu erhalten.

Ich wollte einen Pylorusblindsack bilden um durch die angelegte Fistel das Secret und seine Wirkung untersuchen zu können. Da ich nur Drüsen ohne Belegzellen mitzunehmen wünschte, legte ich erstens Gewicht darauf, dass die sogenannte intermediäre Zone nicht mitgenommen wurde. Zweitens musste ich dafür sorgen, dass der abgetrennte Pylorusblindsack nicht durch ungenügende Blutzufuhr gangränirte.

Drittens war es nöthig, den Fundus in ungestörte Verbindung mit dem Darmrohr zu bringen.

Die Operationen sind unter aseptischen Cautelen ausgeführt worden. Um gute Narcose zu erhalten, habe ich, nach Dastre und Morat, dem Thiere Atropin und Morphin, und zwar von jenem 0.001 und von diesem 0.01 \* pro Kilogramm Körpergewicht subcutan eingespritzt. Nach etwa einer halben Stunde war Anästhesie eingetreten, die durch Zugabe von ein wenig Chloroform während der ganzen Operation — und mehrere Stunden nachher — währte.

Längsschnitt ein wenig nach links von Proc. ensif. bis 2—3 cm unter dem Nabel, d. h. so, dass man die Hand bequem hineinführen kann. Der ringförmige gut fühl- und sichtbare Pylorus liegt so beweglich, dass sich eine temporäre Fadenschlinge ohne Mühe um die obere Abtheilung des Duodenums herumführen lässt. Nachdem der Faden zugebunden war, stach ich eine Myrthenblattsonde durch das Omentum majus gleich nach links vom Pylorus um die hintere Magen-gegend. Oben wurde die Sonde nahe dem rechten Ende der Curvatura minor durch die obere Peritonealduplicatur geführt. Um zwischen die Magenwand und die beiden den Curvaturen begleitenden Arterien zu kommen und die letzteren unbeschädigt zu lassen, habe ich mich immer sehr nahe den Magenrändern gehalten.

Der Ventrikel wurde dann unmittelbar nach links vom Pylorus Schicht nach Schicht durchschnitten. Eine aseptische Gazecompressse wurde um den Pylorus und die Duodenalöffnung gelegt, wonach diese Theile in die Bauchhöhle zurückgeschoben wurden. Den Schnitt im Magen nähte ich von oben-hinten nach unten-vorne vollständig zusammen.

Nun galt es die Grenze gegen den Fundus zu finden. Dabei habe ich mich erstens an die seichte Einschnürung gehalten, die äusserlich hier zu sehen ist. Ebstein's Erklärung, dass die sogenannte intermediäre Zone durch dünnere Wände markirt ist, hat (wenn richtig) nur wenig practischen Nutzen gegeben. Nach den Erfahrungen Klemensiewicz' habe ich mich damit begnügt, oben 5 cm, unten 6 cm nach links vom Pylorus einzuschneiden. Da ich sicher sein wollte, dass die intermediäre Zone oder der wellenförmige Uebergang zwischen den beiden Drüsenabtheilungen nicht in den Pylorussack mitkam, habe ich auf einer hier eingeführten Rinnensonde nur die Serosa und die Muscularis durchschnitten. Dieses lässt sich sehr wohl thun, da die Magenwände beim Hunde ziemlich dick sind. Als das geschehen war, spannte sich ein 2—4 cm breites Schleimhautband zwischen den retrahirten, schon durchtrennten äusseren Theilen. Mit der Scheere ist nachher

dieses ringförmige Band im Niveau der äusseren Magenhäute weggenommen worden.

Die Oeffnung im Fundus wurde provisorisch zugeschlossen, mit einer Compresse gedeckt und reponirt. Dann nähte ich auch den linken Schnitt im Pylorus vollständig zusammen. Ich fand nämlich, dass das untere vordere Ende dieses Schnittes sich nicht ohne bedeutende Zerrung und unbequeme Rotation in der Bauchwunde festnähen liess. Als ich aber das untere vordere Ende des Pylorussackes vom Omentum majus vollkommen losmachte, trat diese Abtheilung der *Curvatura major* durch eine gelinde Rotation aufwärts ohne Weiteres zwischen die Ränder des Bauchschnittes hervor. Durch die Lösung dieses Theiles vom Omentum majus habe ich auch das gewonnen, dass ich eine Vereinigung zwischen Duodenum und Fundus bequemer und übersichtlicher zu Stande bringen konnte. Hierbei habe ich so verfahren, wie es bei einer Pylorusresection gewöhnlich ist.

Ogleich der Pylorusblindsack wegen seiner unteren Ablösung allein von dem oberen Arterbogen ernährt wurde, ist er niemals gangränös geworden.

Der untere Omentalrand des *Saccus pyloricus* wurde zwischen den beiden *M. recti* fixirt. Peritoneal- und Muskelsuturen mit Katgut; Hautsuturen mit Seide. Erst nähte ich die Hautwunde bis zum Pylorussacke zusammen, nachher vervollständigte ich die Fistel. Die Schnitte im Magen sind durch eine in zwei oder drei Abtheilungen fortlaufende Katgutnaht der Schleimhaut vereinigt worden. Aeussere fortlaufende oder unterbrochene Seitesuturen durch die *Muscularis* und die *Serosa*. Wenn nöthig legte ich hie und da einige geknöpfte Serosanähte.

## Versuch I.

(1. December 1893.)

Kleiner Hund, 7.5 kg. Die Operation dauerte über 2 Stunden.

3. December. Das Thier will nicht fressen. In die Fistel eingeführtes Lackmuspapier wird geblaut. Weder das erhaltene Secret, noch das Wasser, womit der Blindsack ausgespült worden ist, verändern die Farbe im Wasserbade nach Zusatz von Phloroglucinvanillin.

4. December. Eine neue ähnliche Probe konnte keine freie Salzsäure nachweisen.

5. December. Schwache alkalische Reaction auf Lackmus. Keine freie Salzsäure.

7. December. Der Hund ist in der Nacht gestorben. Begrenzte, eitrige Entzündung in der Bauchwunde zwischen Fistel und *Proc. ensif.*

sowie rings um den äusseren vorderen Theil des Blindsackes. Die Suturen in den Magenwänden sind überall fest. Die mikroskopische Untersuchung der Schleimhaut von verschiedenen Stellen des Saccus pyloricus ergab, dass ich keine Fundusdrüsen mitgenommen hatte.

## Versuch II.

(9. December 1893.)

Grosser Hund. Gewicht 17 kg.

Die Operation dauerte kaum 2 Stunden. Ein Drainrohr wurde sogleich in die Fistelöffnung eingenäht.

11. December. Milch wird gegeben, aber gleich erbrochen. Spülwasser und Schleim vom Pylorussacke giebt mit Phloroglucivanillin keine Reaction auf freie Salzsäure. Rothcs Lackmuspapier wird kaum verändert, blaues gar nicht.

14. December. Wenn das Thier Futter nehmen wollte, hat es stets Erbrechen bekommen. Der Tod ist diesen Morgen eingetreten. Circumscripse Peritonitis zwischen Leber und Magen. Im Winkel zwischen Duodenum und Fundus haben die Suturen am oberen Rande nicht gehalten. Man sieht hier eine nussgrosse Ansammlung von Eiter, durch welche eine Sonde sich in den Magen einführen lässt. Uebrigens ist der Schliessmuskel so fest und eng eingenäht, dass diese Stelle wahrscheinlich ein Hinderniss für die Passage des Darminhaltes ausmachte. Neutrale oder schwach alkalische Reaction im Saccus pyloricus; abgeschabter und abgespülter Inhalt gab mit Phloroglucivanillin keine Reaction auf freie Salzsäure.

In vielen Schnitten von verschiedenen Stellen der gehärteten Schleimhaut habe ich nur Drüsen ohne Belegzellen gesehen.

---

Der unglückliche Ausgang in diesen beiden Fällen hat mich veranlasst, das Operationsverfahren zu ändern, besonders da die Vereinigung des Duodenums mit dem Fundus — obgleich ich das grosse Netz löste — theils wegen der Spannung, theils wegen des tiefen und engen Raumes, in welchem sie geschehen musste, sehr schwierig war.

In folgendem Falle habe ich die beiden Schnittränder zwischen Duodenum und Regio pylorica sogleich und jede Abtheilung für sich vereinigt. In derselben Weise sind auch die Schnittränder zwischen Fundus und Pylorus, nachdem der Schleimhautring weggenommen war, behandelt worden. Mit dem Pylorusblindsacke ist so verfahren, wie oben beschrieben ist; zwischen Magen und Jejunum typische Gastro-

enterostomie. Das grosse Netz ist nach oben geschlagen und so fixirt, dass die Suturlinien durch dasselbe umgeben worden sind.

### Versuch III.

(12. Januar 1894.)

Grosser Hund. Gewicht 28 kg.

Die Operation dauerte  $2\frac{1}{4}$  Stunden.

14. Januar. Das Thier trinkt Wasser und Milch.

18. Januar. Der Zustand gut. Das Thier geht herum, frisst zerhacktes Fleisch. Das Secret reagirt alkalisch auf Lackmus, ändert nicht Congopapier.

22. Januar. Es befindet sich wohl. Die Nähte werden herausgenommen. Die Fistel liefert alkalisches, schleimhaltiges, ziemlich zähflüssiges opalescirendes Secret, das mit Phloroglucinvanillin keine HCl-Reaction giebt. Einige Cubikcentimeter verändern — nach Zusatz von ähnlichem Quantum destillirtem Wasser — Fibrin gar nicht (24 Stunden im Thermostat 37-50). Wurde ein wenig Salzsäurelösung (0.1 %) zugegossen, so löste sich das Fibrin in wenigen Stunden vollkommen auf. Gute Reaction auf Labferment.

Diese Versuche wurden jeden zweiten Tag wiederholt. Immer hat das Secret alkalisch reagirt. Niemals konnte ich freie Säure nachweisen. Stets positiver Ausschlag für Pepsin und Labferment. Controllproben mit Milch, oder Fibrin und Salzsäurelösung (0.1 %) oder Pylorussecret und Fibrinflocken allein bestätigten das Angeführte. Rings um die Fistel sieht man keine Veränderung von der Haut. Der Hund ist fatter geworden und scheint von der Fistel sehr wenig genirt zu sein. Ich habe höchstens einige Cubikcentimeter Secret auf einmal sammeln können, da das Thier Bänder und Aufsaugungsapparate nicht dulden wollte.

8. Februar 1894. Schnitte von dem gehärteten Schleimhautring zeigen nach dem einen Rande Drüsen von zusammengesetztem Baue, nach dem anderen solche von einfachem Typus. Es ist also wirklich die Grenze zwischen dem Pylorus und dem Fundus weggenommen worden, und wir können bis auf Weiteres annehmen, dass nur einfache Drüsen im Blindsacke eingeschlossen sind. Später sind die oben angegebenen Proben vielfach gemacht und sind immer, wie erwähnt, ausgefallen.

Meine Resultate stimmen also genau mit denen von Heidenhain überein. Von den beiden ersten Versuchen kann man ja dasselbe sagen als von denjenigen Klemensiewicz'. Obgleich die Verhältnisse

nicht ungestört waren und Wundsecret mitham, scheinen diese Fälle doch das Ergebniss des dritten nur zu stützen. Jedenfalls steht es fest, dass keine freie Salzsäure im Pylorussaft vorhanden ist. Pepsin und Labferment sind beständig darin.

Den Einwänden und Experimenten Fränkel's gegenüber sind Grützner und v. Swiecicki<sup>1</sup> nicht die Antwort schuldig geblieben. Zunächst machen sie deutlich — was mit denselben Worten in der ersten Abhandlung von v. Swiecicki zu lesen ist — dass die Ergebnisse nur vom Frosch gelten. Ihre Behauptung, dass das Pepsin vorzugsweise, oder vielleicht allein, im Oesophagus gebildet wird, halten sie noch aufrecht. Was die Experimente mit den eingebundenen Fibrinflocken betrifft, sagen sie, dass „fast jedes thierische Gewebe und jede Flüssigkeit (Muskel, Darm, Speichel, Harn), in passender Weise mit Säuren behandelt, viel energischer oder wenigstens nicht langsamer als dieser Froschmagen verdauen.“

Auch die Methoden, mit welchen Fränkel arbeitete, sind nicht geeignet eine Untersuchung weiter zu führen. Da ein Fundus und ein Oesophagus hinreichen, warum hat er denn zehn Frösche zusammen genommen, obgleich er keine quantitativen Proben anstellte?

Das Filtriren und Ausspülen mit grossen Mengen Wasser hat keinen Zweck. Ueberhaupt hat er weniger gesehen als die, welche er kritisiren will; und als Ergebniss seines Aufsatzes geht nur hervor, dass in dem vom Oesophagus getrennten Magen Spuren von Pepsin zu finden sind, was man ja schon vorher — einige Batrachier betreffend — durch die Arbeiten von Partsch und Langley sehr genau wusste.

Ich könnte von Contejean's Arbeit viel sagen. Auch wenn das Fistelsecret des Magens oder des Darmes nicht „absolument normal“ ist, kennen wir bis jetzt keine bessere Weise dieses oder jenes Secret zu erhalten. Indem Contejean wahrscheinlich machen will, dass einer von den Hunden Heidenhain's einen sauren Saft geliefert hat, vergisst er zu sagen, dass Heidenhain selbst diesen Fall nicht mitnimmt, weil Fundusschleimhaut in den Blindsack hineingekommen war.

Wie konnte Contejean wissen, dass eine beginnende Atrophie der Schleimhaut schon 3 Wochen nach der Operation eingetreten war? Und wenn man auch dieses als möglich zugiebt, warum sollte gerade die Salzsäurebildung in erster Linie und am meisten durch einen solchen Zustand leiden, da Pepsin und Labferment vorhanden waren?

<sup>1</sup> Grützner und v. Swiecicki, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XLIX. S. 638.

Contejean's Versuche beweisen sehr wenig von dem, was er beweisen will. Auch eine reiche und langwierige Ausspülung des Magens ist nicht hinreichend — wie wir sehr wohl wissen — alles mitzunehmen, was in den Drüsen ist. Da saurer Saft ausfloss, ist es erstens möglich, dass Contejean die Tamponade so gelegt hatte, dass er Drüsen mit Belegzellen in der Pylorusabtheilung einschloss. Man findet nämlich in seiner Abhandlung kein Wort, ob oder wie er sich über diese Verhältnisse aufzuklären suchte. Zweitens liegt es sehr nahe, anzunehmen, dass die Tamponade nicht so fest gelegen hat, dass nicht das Secret vom Fundus zur Regio pylorica übersickern konnte. Gegen diese Anmerkung sucht er sich zu vertheidigen, indem er sagt, dass kein Ferrocyansalz in den Pylorussaft überging (vgl. oben S. 239). Für die Drüsenproducte liegen doch die Verhältnisse ein wenig anders, und diese Producte lassen sich wahrscheinlich sehr viel leichter mischen. Ausserdem ist nicht beschrieben, wie die Versuche gemacht sind, oder wie er die Prüfung anstellte.

v. Swiecicki's Resultate sind zum Theil widerlegt; aber die herrschende Theorie fällt dadurch nicht. Was das späte Auftreten von Pepsin in den Magen neugeborener Hunde und Katzen betrifft, so verstehe ich nicht, wie man darin einen directen Beweis gegen die Heidenhain'sche Lehre sehen kann. Mit der fortschreitenden Entwicklung und Zunahme der Hauptzellen treten die fibrinlösenden Eigenschaften immer mehr hervor. Dieser Magensaft der jungen Thiere, ist wie Contejean selbst gesagt, „fort peu abondant sur l'animal qui vient de naître.“

Als ein Vorstadium für das Pepsin kennen wir das Propepsin oder Pepsinogen. Nun hat, wie bekannt, Langley<sup>1</sup> gefunden, dass das Pepsin in einer Pepsinlösung nach Zusatz von einer gleichen Menge schwacher Sodalösung (1—0.005%) sehr schnell und beinahe vollständig zerstört wird. In 15—30 Sec. ist  $\frac{31}{32}$  des Pepsins vernichtet. Auf das Propepsin wirkt dagegen die Sodalösung viel langsamer ein, und wenn in einer Mischung, wie die oben erwähnte, auch Propepsin vorkommt, löst sich eingelegtes Eiweiss (Fibrin) nach vorsichtigem Eingiessen bis zur sauren Reaction von ein wenig diluirter Salzsäure.

Als ich nach diesen Angaben mit dem Pylorussecret Versuche anstellte, sah ich nach 15—30 Sec. dauernder Einwirkung von einer gleich grossen 1%igen Sodalösung, dass sich eingelegte Fibrinfäden lockerten, und im Thermostat innerhalb 12 Stunden theilweise lösten. Vollkommen verschwunden waren sie nicht. Wenn die Sodalösung

<sup>1</sup> Langley, *Journ. of Physiology*. Bd. III. S. 253. *Ibid.* Bd. VII. S. 371.



60 Sec. oder länger einwirkte, veränderten sich die nachher in das sauer-gemachte Secret eingelegten Fibrinflocken gar nicht.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass — wenn das Secret überhaupt Propepsin enthielt — dasselbe nur in sehr geringer Menge vorhanden war. Meine Befunde scheinen mit der Heidenhain'schen Auffassung nicht gut zu stimmen. Wenn wir im Blindsacke nur Hauptzellen haben, und diese, wie man annimmt, Propepsin absondern, wäre es natürlicher gewesen, dass es reichlich vorgekommen sei. Die Säure, die in der Fundusgegend geliefert wird, verändert sogleich das Propepsin in Pepsin. Aber hier sollte sich ja keine Säure zumischen? Wahrscheinlich lässt sich alles dadurch erklären, dass die Chloriden im Pylorussecret — die auch Propepsin zum Pepsin überführen können — das beschriebene Verhältniss hervorgerufen haben.

Freie Salzsäure war im Pylorussecret nicht zu finden. Die constante alkalische Reaction, die negativen Proben mit Phloroglucinvanillin, das Ausbleiben von Veränderung des Congopapiers, die Unwirksamkeit des Saftes an und für sich (ohne Säurezusatz) auf Eiweiss und Fibrin stellen dieses Verhältniss über jeden Zweifel. Die Ergebnisse der Untersuchung waren vollkommen gleich, als ich die Proben eine Woche nach der Operation und einen Tag vor dem Tode des Thieres anstellte.

Man kann folglich nicht sehr gern von atrophischen Veränderungen sprechen. Wenn ich Schnitte von dem bei der Operation gewonnenen schon untersuchten Schleimhautring mit solchen von der Schleimhaut des Blindsackes vergleiche, finde ich weder bei den einfachen Drüsen, noch im zwischenliegenden Gewebe irgend welchen wahrnehmbaren Unterschied. In den Drüsenzellen der Pylorusschleimhaut sind keine regressiven Veränderungen eingetreten.

Die Frage, ob und wo freie Säure in der Magenschleimhaut vorhanden ist, hat man auch dadurch zu beantworten versucht, dass man verschiedene Färbemittel zur Injection benutzt hat. Claude Bernard hat hierzu schwefel- oder milchsaures Eisen mit Ferrocyankalium angewandt. Er sah keine Blaufärbung innerhalb der Drüsen. Heidenhain hat viele Reagentien geprüft, aber keinen Erfolg gehabt, da sich die lebenden Drüsenzellen sehr wenig oder gar nicht färben lassen.

Später hat Edinger<sup>1</sup> Alizarinnatrium eingespritzt und glaubt dadurch die saure Reaction der Magenschleimhaut festgestellt zu haben. Er war aber nicht im Stande zu sagen, in welchen Zellen die Farbe

<sup>1</sup> Edinger, *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. XXIX. S. 247.

besonders zu finden ist. Aehnliche Versuche hat Fränkel mit neutralisirtem Säurefuchsin gemacht. Die Versuche stützen sich auf die bekannten Experimente von Dreser, der durch dasselbe Mittel klargelegt hat, dass der arbeitende Muskel sauer reagirt.

Sowohl bei Hunden als bei Kaninchen sieht man die Drüsenzellen intensiv roth gefärbt. Das Cylinderepithel und die Zwischensubstanzen haben keine Farbe angenommen. Die Regio pylorica ist den übrigen Theilen des Magens vollkommen ähnlich. Fränkel fand keine Verschiedenheit in der Farbeintensität der Haupt- und Belegzellen. Obgleich er aus diesem Grund nicht entscheiden kann, welche Zellen die Säure liefern, schliesst er doch erstens, dass die Magenschleimhaut sauer reagirt, zweitens dass die „Enchymzellen“ Säure bilden.

Auch durch Behandlung von Theilen oder Schnitten der frischen Magenschleimhaut mit verschiedenen Farbstofflösungen hat man Schlüsse ziehen wollen über die Natur und die Function der Drüsenzellen. So hat Lépine<sup>1</sup> den Claude Bernard'schen Versuch modificirt, aber kein Resultat erhalten, da sich — wie Maly gezeigt hat — eine nicht diffusible Eisenverbindung bildet. Besser ist es Sehrwald<sup>2</sup> gelungen. Stücke der frischen Magen haut bleiben für 12 Stunden in einer Lösung von milchsaurem Eisen. Nachher werden sie mit Ferrocyankalium behandelt. Die Hauptzellen sind gar nicht oder sehr wenig gefärbt; die Belegzellen deutlich blau.

Sehr wichtige Einwände sind gegen diese Untersuchung gemacht worden. Wie weiss man, dass die Salzsäure nach vielen Stunden noch da ist, wo sie gebildet wird? Die Reaction tritt ein auch wenn keine Säure da ist. Lösliches Berlinerblau färbt Schnitte eines in Alkohol gehärteten Magens vollkommen so, wie es Sehrwald beschrieben hat.

Da ich den dritten Hund beinahe 8 Wochen beobachtet hatte, glaubte ich, dass es Zeit sei, die Verhältnisse post mortem zu untersuchen. Vor der Tödtung des Thieres (5. März 1894) verfuhr ich folgendermaassen: 10<sup>g</sup> Säurefuchsin wurden in 400<sup>g</sup> destillirtem Wasser gelöst, und durch Zusatz von Soda abgefärbt. Dem narkotisirten Hunde wurde eine Canüle in eine subcutane Vene des Unterschenkels eingebunden. Diese Canüle vereinigte ich mit einer Bürette und liess die obengenannte Fuchsinlösung langsam einlaufen. Nach ungefähr  $\frac{3}{4}$  Stunde erhielt das Thier einige Cubikcentimeter starke Curarelösung.

Die Farbe der Pylorusschleimhaut, die wir durch die Fistel be-

<sup>1</sup> Lépine, *Gaz. méd. de Paris*. 1873. S. 689.

<sup>2</sup> Sehrwald, *Münch. med. Wochenschr.* 1889. Nr. 11.

obachten konnten, veränderte sich dabei nicht. Die Bauchmuskeln schimmerten roth gefärbt durch die Haut.

Ich nahm den Pylorusblindsack gleich nach dem Tode heraus: Schleimhautfarbe unverändert.

Im Fundustheil dickflüssige Speisereste. Diese waren gar nicht oder nur hier und da äusserst schwach roth gefärbt; Schleimhaut beinahe ungefärbt.

Zwischen Fundus und Jejunum sieht man eine ovale Oeffnung, durch welche der Daumen sich bequem hineinstecken lässt. Die Anastomose liegt auf der vorderen Magenwand einige Centimeter über Curvatura major; die zuführende Darmschlinge leer. Rings um den Blindsack liegt das Netz festgewachsen. Die Seidenfäden sitzen noch theilweise in den Nahträndern, die überall fest vereinigt sind.

Einige Theile von der Schleimhaut des Pylorus und des Fundus legte ich in destillirtes Wasser. Gefrierschnitte, die ich gleich hiervon nahm, zeigten keine Farbe in den Zellen — weder in den Fundusdrüsen noch in den Pylorusdrüsen. Subserosa und Muscularis sind schwach roth. Auch Zupfpräparate oder Schnitte, die ich mit Doppelmesser machte, verhielten sich wie die Gefrierschnitte: Keine Färbung der Schleimhaut.

Wenn ich die Gefrierschnitte in salzsaures Wasser legte, trat die Fuchsinfarbe makroskopisch deutlicher hervor — aber nur in der Muscularis und der Submucosa. Die Drüsenzellen sowohl im Fundus als im Blindsacke waren fortwährend ungefärbt.

Man kann nicht sagen, dass ich zu wenig Farbelösung benutzt hätte. Fränkel hat selbst nur 50—100<sup>c</sup> angewandt. Ich nahm die Lösung nur halb so stark als er, da ich auf diese Weise eine weniger heftige Wirkung auf das Thier ausüben wollte. Aus demselben Grunde spritzte ich die Lösung nicht in die Vena jugularis ein.

Sowohl die Muskeln als der in der Blase angesammelte Harn hatten deutliche Fuchsinfarbe. Einige Tropfen Secret von dem Blindsacke, welche während der Narcose aufgesammelt wurden, erhielten nach Zusatz von Salzsäurewasser eine schwach rothe Farbe. Weil Fränkel rath, dass man das Thier  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{2}$  Stunde nach der Injection am Leben behalten soll, hatte die Farbe hier gute Zeit einzuwirken, da mein Hund über  $\frac{3}{4}$  Stunden nach der beginnenden Einspritzung am Leben blieb.

Das Thier hatte etwa 5 Stunden vor dem Tode gegessen, und in dem Ventrikel waren noch reichliche Speisereste vorhanden.

Als ich den Fundustheil herausgenommen und mit Wasser ausgespült hatte, reagirte die Schleimhautoberfläche schwach alkalisch.

Nun ist es ja möglich, dass das überschüssige Alkali für die Farbereaction der Drüsenzellen hinderlich geworden ist. Aber wenn das Alkali so wirken konnte, warum war der Harn roth gefärbt — der ja auch, als er aufgesammelt wurde, schwach alkalisch reagirte — und warum behielten die Muskeln ihre Tinction, da man doch annehmen muss, dass die ursprüngliche Acidität hier sehr viel kleiner ist als im Magen? Ferner sollte doch Säurezusatz die Farbe der Drüsenzellen wieder hervorrufen; dies ist aber nicht der Fall gewesen. Die Drüsenzellen hatten überhaupt kein Fuchsin aufgenommen.

Wie ich das Beschriebene erklären soll, darüber kann ich vorläufig nichts sagen. Die Proben mit Alizarinnatrium leiden an der grossen Ungelegenheit, dass auch Neutralsalze die Farbe hervorbringen. Darum ist die Beweiskraft von Edinger's Versuchen nicht unbestreitbar.

Das Angegebene mag genügen um zu zeigen, wie unsicher und vieldeutig solche Farbenreactionen sind. Ohne aus dem Ausbleiben der Fuchsinreaction in Magendrüsen etwas schliessen zu wollen, erinnere ich nur an die schwerwiegenden Einwände Heidenhain's gegen die Bedeutung und Zuverlässigkeit solcher Versuche, insbesondere wenn es gilt, aus denselben theoretisch wichtige Conclusionen zu ziehen.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass ich durch eine genaue Untersuchung der Schleimhaut des Pylorusblindsackes gefunden habe, dass in demselben keine Fundusdrüsen vorhanden waren.

---

# Die Länge und die Spannung des Muskels.<sup>1</sup>

Von

**Magnus Blix.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

---

(Hierzu Taf. II—VI.)

---

## Dritte Abhandlung.

### Die Zuckungen.

Von allen den wichtigen und Interesse erregenden Fragen, welche mit diesem Gegenstande in Zusammenhang stehen, kann ich hier nur auf einige wenige, welche mir vorzugsweise bedeutungsvoll und lehrreich erschienen sind, eingehen. Eine einleitende Litteraturübersicht, so verlockend sie auch sein möge, muss ich aus mehreren Gründen fortlassen.

Die erste Frage, welche ich zur Beantwortung aufstellen möchte, ist diese: Wie wirkt die Ausgangslänge des Muskels auf die Zusammenziehung? M. v. Frey hat gefunden, dass der unbelastete Muskel bei einfacher maximaler Reizung sich zu derselben Länge zusammenzieht, als wenn er tetanisirt wird, und A. Fick hat dieses Verhalten, wenn auch nicht für alle Fälle, constatirt. Meiner Erfahrung nach treten die Ausnahmen dann ein, wenn der Muskel vor der Reizung so weit gedehnt war, dass dessen „Ausgangslänge“ nicht die der Spannung entsprechende *kürzeste* ist. Wenn ein kräftiger Muskel nach einer oder mehreren Zuckungen diese kürzeste Form angenommen hat, so folgt er auch der von M. v. Frey aufgestellten Regel. J. v. Kries hat gezeigt, dass ein belasteter Muskel bei einfacher Reizung den Höhepunkt des Myogramms um so höher treibt, je mehr die Last unterstützt war (Ueberlastungsmethode), und nach v. Frey kann mit hinreichender Er-

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 22. April 1894.

hebung der Unterstützung das Maximum der Verkürzung auch hierbei dieselbe Höhe erreichen als bei tetanisirender Reizung. Taf. II Fig. 1 bietet ein Beispiel davon. — Präparat 2 Adductoren neben einander. — Zeit-Länge-Curven bei einfachen maximalen Reizungen. Unten eine sogenannte isotonische Zuckung mit 20<sup>e</sup> Spannung. Die nach oben gezeichneten Curven sind nach successiver Erhebung einer unter dem Längenschreiber angebrachten Unterstützung geschrieben.

Indessen hat es sich gezeigt, dass die unmittelbar vorhergehenden Reizungen und Zuckungen des Muskels ebenso unumgängliche Bedingungen sind für das Zustandekommen dieser Höhe des Zuckungsmaximums als die Erhebung der Unterstützung. Lassen wir zwischen den Zuckungen und den Erhebungen der Unterstützung den Muskel eine Dehnung erfahren, so bleibt der erwartete Erfolg aus. In Taf. II Fig. 2 sehen wir einen Beleg dafür. Zwei kleine Adductoren neben einander mit 20<sup>e</sup> Last haben hier denselben Versuch ausgeführt wie in Fig. 1, nur mit dem Unterschiede, dass das Präparat dieses Mal zwischen der dritten und vierten Reizung gelinde gedehnt worden ist. Die vierte Reizung hat hier auch keine Erhebung des Längenschreibers hervorgerufen (Linie *t*). In den zwei folgenden Zuckungen, welche von derselben Höhe aus wie die vierte anfangen, hatte der Muskel von Neuem den Längenschreiber ein Stück weiter gehoben. Nach einer neuen Erhebung der Unterstützung keine Bewegung des Längenschreibers.

In Taf. II Fig. 3 haben wir nach unten eine freie Zuckung (unbelasteter, ungestützter Längenschreiber) eines vorher gelinde gedehnten Präparates. Nach erneuerter, stärkerer Dehnung ist der Längenschreiber gehoben und unterstützt worden. Die zweite Reizung gab keine Bewegung des Längenschreibers (*t*). Bei den drei folgenden Reizungen haben die Zuckungscurven von derselben Ausgangsstellung des Längenschreibers successive immer höhere Maxima erreicht. Eine neue bedeutendere Erhebung der Unterstützung des Längenschreibers hat bei der nächsten Reizung Stillstand, bei der darauf folgenden aber wieder Erhebung des Längenschreibers zur Folge. Eine kleine Dehnung mit folgender Erhebung der Unterstützung lässt den Längenschreiber wieder ruhig bei der nächsten, aber nicht mehr bei den darauf folgenden Reizungen. Noch eine letzte Hebung — und nicht einmal eine tetanisirende Reizung wirkt auf die Lage des Längenschreibers mehr ein.

In ganz anderer Weise ist die Fig. 4 (Taf. II) zu Stande gekommen. Dasselbe Präparat, wie in Figg. 2 und 3, ist hier angewendet worden. Die Belastung ist dieselbe wie in Fig. 3 (= 0). Der eine Muskel des

Präparats ist wie vorher fixirt. Das obere Ende des anderen Muskels ist mit einem Faden verbunden, welcher erst senkrecht aufsteigend, nachher über eine leichtbewegliche Rolle in horizontaler Richtung zu einer Feder geleitet wird. Diese Feder schleift gegen den äusseren Rand einer auf die Axe des Myographioncylinders aufgedrängten Scheibe, welche, übrigens kreisrund, an einem Theile des Umfanges einer Nase (Ausbuchtung) von etwa derselben Form wie eine isotonische Zuckungcurve hat. Bei der Umdrehung des Cylinders zwingt diese Nase mittels Feder, Faden und Muskel den Längenschreiber eine Curve zu zeichnen, deren Form aus der untersten Linie in Fig. 4 ersichtlich ist. Darauf sind die Muskeln bei stillstehendem Cylinder zu einer einfachen Zuckung erregt, die Unterstützung des Längenschreibers ist gehoben, der Cylinder hat sich umgedreht, wobei die Muskeln doch nicht gereizt wurden. Das Resultat wird von der zweiten Curve der Figur angezeigt. Dann wurden die Muskeln einfach wiederum gedehnt und bei dem nächstfolgenden Umlauf des Cylinders ist die mit *t* bezeichnete Linie geschrieben. Noch neue Reizungen haben nachfolgende Cylinderumläufe der zwei obersten Curven erzeugt.

Mit diesem Versuche habe ich zu zeigen beabsichtigt, dass die oben erwähnten, von v. Kries und v. Frey nachgewiesenen Eigenthümlichkeiten nicht nothwendig mit Veränderungen in dem physiologischen Acte, welcher die Contraction des Muskels bedingt, in Zusammenhang stehend angesehen zu werden brauchen, sondern dass sie auch von den physikalischen Eigenschaften des Muskels und den Veränderungen, welchen diese in Folge der Contraction unterliegen, herühren können.

Stelle ich jetzt alle mir aus eigenen Versuchen und deren anderer bekannte Thatfachen zusammen, so scheint mir die Erklärung die annehmbarste zu sein, dass der Muskel bei der Zusammenziehung einen inneren, vielleicht durch die oben erwähnte zähflüssige Substanz bedingten und also mit der Geschwindigkeit der Formveränderung wachsenden Widerstand zu überwinden hat.

Die unverkennbare Uebereinstimmung zwischen den secundären elastischen Erscheinungen des ruhenden Muskels und denjenigen, welche uns bei der Contraction des Muskels begegnen, hat natürlich meinen Gedanken auf diese Bahn geführt. Es giebt wohl auch keinen Grund, anzunehmen, dass jener Widerstand, welcher bei dem ruhenden Muskel vorhanden ist, bei der Contraction wegfallen sollte. Eine mit der Contraction möglicherweise eintretende Modification des inneren Widerstandes ist natürlich dabei nicht ausgeschlossen. Ist die Hypothese richtig, so können wir z. B. aus Taf. II Fig. 1 mit Eliminirung von dem grössten

Theil des inneren Widerstandes für den fraglichen Muskel und die bezügliche Belastung die isotonische Zuckungscurve construiren. Die punktirte Linie, Taf. II Fig. 1, giebt ungefähr den Verlauf der so gesuchten Curve an.

Bowditch's „Treppe“, welche zu so vielen verschiedenen Speculationen Veranlassung gegeben hat, gewinnt aus dieser Annahme über die Natur der inneren Dämpfung bei der Muskelzuckung eine einfache Erklärung, welche übrigens mit der von Bowditch selbst über diese Erscheinung gehegten Auffassung ziemlich übereinstimmt. Die „Treppe“, als auf einer Veränderung der Erregbarkeit beruhend, anzunehmen, ist um so weniger berechtigt, als sie auch bei Reizmitteln, welche diejenigen, die in Bezug auf die Intensität zum Hervorrufen der Maximalerregung erforderlich sind, bei weitem übertreffen, eintritt. Aus demselben Grunde muss man darauf verzichten, die Erklärung dieser Erscheinung in einer zwar unstreitig vorhandenen Verminderung des Widerstandes gegen die elektrischen Ströme und die daraus folgende etwas vermehrte Intensität des Reizes zu suchen.

Ich gehe zunächst zu der Frage von dem Einflusse der Spannung auf die Form des Myogrammes über, und will mich dabei zuerst an die isotonische Zuckungscurve wenden. Obschon Beispiele von derartigen Curven in der Litteratur nicht fehlen (siehe z. B. Ad. Fick, Mech. Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit), sehe ich mich doch genöthigt, einige mit meinen oben beschriebenen technischen Hilfsmitteln gewonnene Curven anzuführen, um daran eine kleine Erörterung anzuknüpfen.

Taf. II Fig. 5 zeigt in der mit  $k$  bezeichneten Linie eine solche von einem Doppelmuskel gezeichnete isotonische Zuckung mit  $25^{\circ}$  „constanter“ Spannung. In der am oberen Rande der Figur mit  $h_1$  bezeichneten Linie haben wir die zugehörige Zeit-Spannungscurve. Diese, welche einer isotonischen Zuckung zugehörig, eigentlich einen durchaus geradlinigen Verlauf hätte zeigen sollen, hat aber thatsächlich in dem Theile, welcher dem Anfang der Zuckung entspricht, eine kleine Ausbuchtung nach unten von etwa  $0.5^{\text{mm}}$  Maximaltiefe bei etwa  $3^{\text{mm}}$  Länge. Weil nun  $1^{\text{mm}}$  von der Abscisse eine Zeit von etwa  $0.0033$  Secunden und  $1^{\text{mm}}$  von der Ordinate einer Spannung von etwa  $28^{\circ}$  entspricht, so bedeutet diese Ausbuchtung, dass die Spannung während eines Zeitmomentes von etwa  $0.01$  Secunden nicht  $25^{\circ}$ , sondern etwas darüber, jedoch wohl kaum mehr als  $40^{\circ}$  gewesen ist. Wenn nun auch diese letzte Zahl vielleicht zu gross geworden ist (infolge Eigenschwingungen des Spannungsschreibers), so zeigt sie doch, dass aller angewandten Vorsichtsmassregeln ungeachtet, vollständige



Isotonie lange nicht erreicht worden ist. Die trägen Massen des Muskels und des Längenschreibers, welche hier die Schuld tragen, deformiren auch die erste Strecke der Längencurve. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Strecke, wenn der Einfluss der Massen ausgeschlossen wäre, in einem scharfen Winkel und nicht in einem Bogen von der Abscisse abweichen würde. Der Anfang der isotonischen Verkürzung würde dann ungefähr geradlinig verlaufen.

Ohne Zweifel werden auch die übrigen Theile der Curve aus derselben Ursache einigermaassen deformirt, wenn auch die Spannungswechselungen bei später hinzutretenden weniger schroffen Schnelligkeitsänderungen der Muskelbewegung zu gering sind, um auf der Spannungscurve vollkommen deutlich erkennbar zu sein. Dazu ist die Empfindlichkeit meines Spannungsschreibers viel zu stark reducirt.

Um eine deutliche Vorstellung von dem Einflusse der Massen auf die Bewegung meiner Schreibapparate zu geben, füge ich die Fig. 6 (Taf. II) bei. Sie ist in folgender Weise zu Stande gekommen. Ein zwischen dem Spannungs- und dem Längenschreiber eingesetzter Doppelmuskel ist mit einer Belastung von 200<sup>g</sup> gespannt worden. Bei der Umdrehung des Myographioneylinders hat der, bei gewöhnlichen Versuchen, den Reiz auslösende Apparat in diesem Falle anstatt dessen plötzlich die Belastung von dem Längenschreiber losgemacht, wobei die Spannung fast unmittelbar auf 0 übergegangen ist, während der Spannungsschreiber erst allmählich gedämpfte Pendelschwingungen um seine Nulllage ausgeführt hat. Der Längenschreiber ist unter dem Einflusse der Elasticität des Präparates plötzlich in die Höhe geschleudert worden, welche Bewegung ebenfalls eine, wenn auch sehr stark gedämpfte, oscillatorische Form um die der neuen Spannung (0) entsprechende Abscisse herum als Gleichgewichtslage annimmt. Wir sehen hier einen höchst bedeutenden Unterschied zwischen den Oscillationszeiten der beiden Schreibhebel. Zum grössten Theile hängen jedoch die trägeren Bewegungen des Längenschreibers von der Masse und der Dämpfung des Muskels ab. Ersetzen wir den Muskel mit einem weniger massigen elastischen Körper von geringerer innerer Reibung, so wird die Schwingungszeit des Längenschreibers bedeutend abgekürzt. Ein Beispiel davon liefern die Curven *k* (Taf. III Fig. 1). Anstatt des Muskels haben wir hier ein kleines Kautschukband zwischen den Schreibhebel ausgespannt. Er ist mit einem ursprünglich 120<sup>g</sup> betragenden, dann plötzlich bis zu 20<sup>g</sup> reducirten (am Kautschukstrange hängenden) Gewichte gespannt. Gegen diese Gewichte ist es dem Bande überlassen, den Längenschreiber zu heben, so weit es dasselbe vermag. Auf dem Höhepunkte der Erhebung wird das Band von dem Längen-

schreiber gelöst. Dieser sinkt dann unter dem Einflusse der eigenen Schwere und der des 20<sup>g</sup>-Gewichtes herab.

In Taf. III Fig. 2 erblicken wir einige Beispiele von isotonischen Zuckungen bei verschiedenen Belastungen. Obenan unter den Längencurven findet sich eine mit 0 bezeichnete, welche eine freie Zuckung anzeigt. Die entsprechende Spannungscurve findet sich oben in der Figur. Sie zeigt eine mit dem Beginn der Contraction zeitlich zusammenfallende Spannungssteigerung (von etwa 15<sup>g</sup>). Eine ähnliche Senkung des Spannungsschreibers ist, wie ich auch die äusseren Bedingungen der Zuckung variirt haben mag, immer eine constante Erscheinung gewesen. Sie giebt den ersten Anlauf der Contraction an, und tritt zeitlich unabhängig von den Belastungsverhältnissen und von der Intensität der Erregung auf. Das soll heissen: dass die Länge des Latenzstadiums von beiden unabhängig ist.

Ich komme zu den Zeit-Längencurven in Taf. II Fig. 2 zurück. Die mit *d*. bezeichneten lassen wir vorläufig bei Seite. Die mit 20, 50 und 100 bezeichneten sind isotonische Zuckungen mit resp. Spannungen von 20, 50 und 100<sup>g</sup>. Alle drei sind doppelt. Bei der einen war das Gewicht an dem Kautschukbande angehängt. Bei der anderen war das Gewicht während der Zuckung unverrückt fixirt, wodurch die Spannungsverhältnisse und damit auch die Längenvariationen nicht völlig gleich ausgefallen sind. Dieser Umstand ist aber hier von geringerer Bedeutung. Vergleichen wir die bei verschiedener Spannung ausgeführten Längencurven miteinander, so finden wir, dass sie sich alle merklich gleichzeitig von der Abscisse erheben, zwar aber unter einem um so schärferen Winkel, je geringer die Belastung war. Durch eine zwar zum Theil willkürliche Correctur (welche hier jedoch keine gröberen Fehler einräumen kann) der ersten Strecke des aufsteigenden Curven-theiles, finden wir den Winkel zwischen dieser und der Abscisse:

bei 20 <sup>g</sup> Spannung etwa	. . . . .	49°
„ 50 <sup>g</sup> „	„ . . . . .	46°
„ 100 <sup>g</sup> „	„ . . . . .	40°

Hieraus können wir die Geschwindigkeit, mit welcher der Muskel, dessen natürliche Länge etwa 43<sup>mm</sup> war, sich in dieser Periode der Zuckung verkürzt hat, nämlich resp. 174, 157 und 127<sup>mm/sec.</sup> in runden Zahlen berechnet, oder 4, 3.7 und 3<sup>mm/sec.</sup> per Millimeter der natürlichen Länge des Muskels. Von diesem Maximum nimmt die Geschwindigkeit ab, bis sie auf dem Höhepunkt der Curve gleich 0 wird. Warum nimmt die Maximalgeschwindigkeit der Muskelverkürzung bei grösseren Spannungen ab?

Wie die isotonischen Zuckungscurven bei verschiedenen Belastungen, von dem Momente der Reizung gerechnet, bis zu deren ersten Erhebung gleich lange Abscissen haben, so sind auch die Abscissen der Höhepunkte in der Regel dieselben. Wo Abweichungen von dieser Regel vorkommen, dürfte man die Veranlassung dazu in unvollkommener Isotonie, in verschiedenen Einflüssen der trägen Massen oder anderen Factoren, wie Ermüdung, variirenden unter- oder übermaximalen Erregungen, verschiedene (äussere) Reibungsverhältnisse u. s. w. zu suchen haben. Nur wenn die Zuckungshöhen oder vielleicht richtiger die Contractionsgeschwindigkeiten bedeutend verschieden sind, kommt auch der verschiedene innere Widerstand, dessen Wirkung jedoch unter diesen Umständen manchmal von dem Einflusse der trägen Massen compensirt wird, als ein merkbar einwirkender Factor hinzu. Ohne diese Frage hier näher zu verfolgen, erlaube ich mir nur auf bereits publicirte Curvenserien zu verweisen. (Siehe u. A. die Arbeiten von Ad. Fick [a. a. O. S. 113 u. 132] und F. Schenk [Pfüger's Archiv Bd. LII S. 457]).

Kehren wir nochmals zu den Maximalzuckungen in der Taf. III Fig. 2 zurück, so finden wir als das zunächst beobachtenswerthe die verschiedene Höhe, welche die isotonische Zuckung bei verschiedenen Belastungen erreicht. Bei der freien Zuckung ist diese Höhe 29 <sup>mm</sup>, bei 20 <sup>g</sup> isotonischer Spannung 24 <sup>mm</sup>, bei 50 <sup>g</sup> 22 <sup>mm</sup> und bei 100 <sup>g</sup> 18 <sup>mm</sup>. In Taf. II Fig. 7 sehen wir andere Beispiele von annähernd isotonischen Zuckungen verschiedener Spannung, diesmal mit dem Indikator registriert.

Um den herabsteigenden Schenkel der isotonischen Curve nicht ganz zu übergehen, erwähne ich, dass derselbe hier wie gewöhnlich eine ausgeprägte S-Form hat, ebenso wie dass die maximalen Verlängerungsgeschwindigkeiten für die isotonischen Curven in Taf. III Fig. 2 berechnet, resp. 285, 285 und 242 <sup>mm/sec.</sup> oder 6.6, 6.6 und 5.6 <sup>mm/sec.</sup>, resp. per <sup>mm</sup> der natürlichen Länge des Muskels betragen.

Nehmen wir an, dass die Muskelzuckungen vollkommen isotonisch gewesen sind, so würden wir die Arbeit, welche der Muskel bei jedem einzelnen dieser Verkürzungen ausgeführt hat, zu resp.  $20 \times 12$ ,  $50 \times 11$  und  $100 \times 9$  oder bezw. 240, 550 und 900 <sup>g</sup>, also bedeutend verschieden und mit der Belastung wechselnd berechnen.

Ich habe hier theilweise schon längst bekannte Sachen wiederholt, und zwar deswegen, weil ich glaube, dass man, durch dieselben veranlasst, voreilige Schlüsse gezogen hat. Ich glaube nicht, dass man auf Grund der Verschiedenheit des Verlaufs der isotonischen Curven und der Arbeitsmengen bei verschiedenen Belastungen das volle Recht hat, eine Verschiedenheit der Art oder der Intensität des physiologischen Processes bei den Contractionen anzunehmen. — Die Richtigkeit

dieser Auffassung kann ich durch eine sozusagen künstliche Synthese von ähnlichen Curven bekräftigen. Der von einem Gewichte gespannte Muskel, welcher von einem effektiven Reize getroffen wird, zieht sich zusammen und hebt das Gewicht auf Grund der im Inneren des Muskels frei gewordenen Spannkkräfte. Diese Kräfte sind aber in diesem Falle von zweierlei verschiedener Art. Die eine hängt von der physiologischen Verkürzung gewisser in dem Muskel befindlicher Gewebelemente oder Gewebekomplexe ab. Die andere ist die nach der unter dem Fortgange des vorigen Processes allmählich geschehenden Ablastung auftretende Zusammenziehung der elastischen Substanz. Dass die zwei Kräfte an verschiedene Theile des Muskelgewebes gebunden sind, habe ich guten Grund anzunehmen.

In Uebereinstimmung hiermit habe ich folgenden Versuch angeordnet. Ein Doppelmuskel wird mit der Symphyse an dem Längenschreiber, das eine freie Ende an einen festen Halter und das andere an einem Faden, welcher an der auf Seite 103 beschriebenen Vorrichtung befestigt ist, angeknüpft. Der fixirte Muskel führt die Rolle der elastischen Substanz aus, während der andere Muskel eine dehnbare Zwischenlage von etwa denselben elastischen Eigenschaften, wie der tetanisirte Muskel (siehe unten Abh. IV.), zwischen der bewegenden Scheibe und dem Längenschreiber bildet. Belasten wir nun den letzteren mit verschiedenen Gewichten in isotonischer Anordnung, so erhalten wir in völliger Uebereinstimmung mit den isotonischen Curven in der Taf. III Fig. 2 die in der Taf. III Fig. 3 dargestellten Curven. Die Taf. III Fig. 4 zeigt hauptsächlich dasselbe Verhalten, obschon dabei kein Muskel zu Hülfe genommen wurde, sondern anstatt dessen ein Paar aus einer Kautschukröhre abgeschnittener dünner Ringe, welche eine Dehnungscurve haben, die, wenn auch die Nachdehnung bedeutend geringer ist, in ihrem Anfange doch an die des Muskels erinnert, angewandt worden sind. Hiermit im Zusammenhange steht unzweifelhaft die unvollkommenere Dämpfung der Eigenschwingungen des Längenschreibers, wie es sich in diesen Curven zeigt. Messen wir die Hubhöhe aus und berechnen wir die Arbeit aus den Curven in Taf. III Figg. 3 und 4, so finden wir aus Fig. 3 in  $\epsilon$  und  $\text{mm}$

Last	0	Hubhöhe	5.75	Arbeit	0
"	10	"	3.75	"	87.5
"	25	"	3.50	"	87.5
"	50	"	3.25	"	162.5
"	100	"	3	"	300
"	200	"	2.25	"	450

und aus Taf. III Fig. 4:

Last	0	Hubhöhe	8	Arbeit	0
"	25	"	6	"	150
"	50	"	5.5	"	275
"	100	"	4.75	"	475
"	200	"	3	"	600
"	500	"	1.75	"	625

Die Gleichheit dieser Resultate mit denjenigen, welche aus isotonischen Muskelzuckungen gewonnen werden, lässt wenig zu wünschen übrig. Der Einfluss der Belastung auf die Maximalgeschwindigkeit und auf die Verkürzung ist derselbe. Die Arbeit des Fadens, welcher den Cylinder und die Curvenscheibe bewegt, ist auch bei allen Versuchen dieselbe. Am Ende des Umlaufes wäre auch die lebendige Kraft des beweglichen Systemes gleich, wenn die mechanischen Anordnungen variable Reibungsverhältnisse ausschlossen, welche übrigens mit den Hubhöhen nichts zu thun haben. — Es ist die verschiedene Dehnung der Zwischenlage, welche den Unterschied in der Form der Curven bei ungleichen Spannungen verschuldet.

Untersuchen wir jetzt den Einfluss der variablen Spannung auf die Form der Zuckungcurve. Es ist einleuchtend, dass die Spannung im Verlaufe der Zuckung in unendlich vielfach verschiedener Weise variirt gedacht werden kann. So können wir uns dieselbe mit der Höhe der Zuckung oder aber mit der Zeit, von dem Anfange der Zuckung an gerechnet, als continuirlich wachsend oder abnehmend denken. Oder wir können sie uns als eine discontinuirliche Function einer von diesen Coordinaten der Zuckungcurve vorstellen. In dem ersteren Falle wird natürlich die einfachste Function eine geradlinige mit einer der Coordinaten, also entweder mit der Verkürzung oder mit der Zuckungszeit proportionale, Zu- oder Abnahme der Spannung sein.

Ein Beispiel dieser ersten Art von Spannungswechsel haben wir in den sogenannten isometrischen Zuckungscurven, und in Taf. II Figg. 8, 9, 10 und 11 haben wir zum grössten Theile Zuckungen, in welchen die Spannung etwa proportional der Verkürzung wächst. Auch in der Fig. 2 finden sich einige derartige Zuckungen. In der Figg. 13 und 14 sind die untersten Zuckungen solche, in welchen die Spannung proportional der Verminderung der Muskellänge abgenommen hat.

Taf. II Fig. 5 zeigt ausserdem eine Anzahl von Zuckungen von gleicher Ausgangslänge und Anfangsspannung (natürliche Länge und 0-Spannung), in welchen die Spannung proportional der Verkürzung, jedoch mit einer von Zuckung zu Zuckung wechselnden Geschwindigkeit, gewachsen ist. Die mit 8 bezeichnete Curve stellt eine freie Zuckung

dar. Die je zwei zusammengehörigen Längen- und Spannungscurven sind mit derselben Ziffer bezeichnet und die Zahlen geben zu gleicher Zeit die zeitliche Reihenfolge der Zuckungen an.

Diese Curven zeigen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zuckungshöhe bei derartigen Versuchen um so niedriger ausfällt, je schneller die Spannung wächst. Sie zeigen aber nebenbei, dass je schneller die Spannung wächst, sie auch um so höhere Maximalwerthe erreicht. — Endlich scheint die zum Erreichen dieses Maximums erforderliche Zeit keine größeren Unterschiede zu ergeben, als dass sie sehr gut, wie sich gebührt, auf die Rechnung der Trägheit des Registrirapparates, ebenso wie auf die Rechnung der Dämpfung im Muskel sich schreiben lässt. Sie wachsen sichtbar etwas mit der Größe der Bewegung und sind durchgängig etwas knapper für die Curven des leichteren, weniger gedämpften Spannungsschreibers, als für die entsprechenden des Längenschreibers. Die äusseren Bedingungen sind jedoch derartig, dass das Maximum der zusammengehörigen Spannungen und Längen des Muskels zeitlich zusammenfallen müssen. Die Curven in der Taf. III Fig. 5 sind aber zu einem genaueren Studium über diese Verhältnisse, zu welchen wir später zurückkommen, aus mehrfachem Grunde nicht geeignet.

In der Taf. II Fig. 8 sind die 14 untersten Zuckungen solche, bei welchen die Spannung während der ganzen Zuckung, und mit gleicher Geschwindigkeit in allen Zuckungen, proportional der Verkürzung gewachsen ist. Die Anfangsspannung und die Ausgangslänge sind variirt worden. Dasselbe Verhalten gilt für die 11 untersten Zuckungen in der Taf. II Fig. 9 ebenso, wie für die 5 untersten in Fig. 10; nur ist die Spannung in diesen Fällen mit grösserer Geschwindigkeit gewachsen. Die Zuckungen in der Fig. 10 sind „isometrisch“ oder vielmehr, sie nähern sich so viel den isometrischen, als die Construction des Indicators bei der angewendeten Empfindlichkeit es erlaubt. Die isotonischen Zuckungen der Taf. II Fig. 7 entsprechen dem Grenzfalle  $\frac{dS}{dL} = 0$ .

Aus diesen und ähnlichen Versuchen lernen wir, dass unter den hier gegebenen Verhältnissen die absoluten Höhenpunkte der Zuckungen um so niedriger kommen, je höher die Anfangsspannungen und je grösser die Ausgangslängen sind, dass aber die erreichte Maximalspannung mit der Anfangsspannung wächst. Vergleichen wir dagegen innerhalb jeder Zuckungsreihe die Verkürzungen und den Spannungszuwachs mit einander, so finden wir, dass mit Ausnahme für die in Taf. II Fig. 7 gezeichneten isotonischen

Zuckungen die Verkürzung und der Spannungszuwachs nicht bei der kleinsten Anfangsspannung am grössten sind, sondern anfänglich mit der Anfangsspannung etwas wachsen, um sich später eine Strecke weit constant zu halten und endlich wieder abzunehmen. Bei isotonischen Zuckungen, ebenso wie bei tetanischen Zusammenziehungen hat man schon seit langer Zeit dasselbe Verhalten beobachtet.<sup>1</sup>

Indessen ist der erste Zuwachs der Verkürzung und Spannung, welcher mit der Vermehrung der Anfangsspannung folgt, um so mehr ausgeprägt, je schneller die Spannung während der Contraction wächst, also in Taf. II Fig. 10 mehr als in Fig. 9, in Fig. 9 mehr als in Fig. 8 u. s. w. In Fig. 7 wird er vermisst und kommt überhaupt bei isotonischen Zuckungen nicht constant vor. Dies alles tritt mit aller Deutlichkeit zu Tage, wenn wir die als Beispiel benutzten Curven ausmessen und zusammenstellen, wie es in der folgenden Tabelle geschehen ist. Die Zahlen unter den diesbezüglichen Ueberschriften bedeuten: *La* Ausgangslänge, *Sa* Anfangsspannung,  $\Delta L$  Verkürzung,  $\Delta S$  Spannungszuwachs.

	<i>La</i>	<i>Sa</i>	$\Delta L$	$\Delta S$		<i>La</i>	<i>Sa</i>	$\Delta L$	$\Delta S$
Fig. 2	<i>n</i> <sup>2)</sup>	0	15	0	Fig. 3	<i>n</i> + 13.5	17	4.5	7
	„ + 5	2.5	13	2.5		„ + 14	20	4.5	6
	„ + 6.5	4	11.5	4		„	0	2.5	17
	„ + 8.5	7	10.5	7		„ + 2	0.5	3	18.5
	„ + 10	14	8	14		„ + 4	1	3	21.5
	„ + 12.5	27	6.5	27		„ + 5.5	1.5	3	22
	„ + 13	33.5	4	33.5		„ + 7.5	2.5	3	23
Fig. 8	„	0	5	7.5	Fig. 4	„ + 9	4	3	23
	„ + 2	0.5	6	9		„ + 10.5	6	2.5	23
	„ + 4	0	6	9		„ + 12	9	2.5	22
	„ + 5.5	2	6.5	9.5		„ + 13.5	14	2.5	19
	„ + 7.5	1.5	6.5	9.5		„ + 15	19	2.5	17.5
	„ + 8	4	6	8.5		„ + 16	26	2	14.5
	„ + 10	4	6.5	9		„	0	1.5	22
	„ + 10	7	6	9	Fig. 5	„ + 4	0.5	2	27.5
	„ + 11.5	7.5	6	9		„ + 6	0.5	2	29.5
	„ + 11.5	10.5	5.5	8.5		„ + 7.5	2	2	29.5
	„ + 12.5	12	5	8		„ + 11	7.5	2	29
	„ + 12.5	15	4.5	7.5		„ + 14.5	19	2	24

<sup>1</sup> Heidenhain, Fick, v. Frey; s. auch unten meine vierte Abhandlung.

<sup>2</sup> *n* = natürliche Länge des Muskels.

Das Maximum des Spannungszuwachses tritt unter den hier geschaffenen Bedingungen sichtbar dann ein, wenn der Muskel durch die Verkürzung etwa die natürliche Länge erlangt.

Schlüsse in Bezug auf den Einfluss der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Spannungen im Verlaufe der Zuckungen wachsen, lassen die angeführten Beispiele schon aus dem Grunde, dass sie aus Versuchen mit verschiedenen Präparaten geholt sind, nicht zu. In der Taf. II Figg. 11 und 12 sind aber einige Zuckungen verzeichnet, welche einen derartigen Vergleich erlauben. Wir sehen daraus, dass, je schneller die Spannungen wachsen, um so niedriger die Zuckungen werden und um so höher der Spannungszuwachs unter übrigens gleichen Umständen. — Daraus geht übrigens der merkliche Sachverhalt hervor, dass zwei Zuckungen, welche in dem Höhepunkte der Zuckung dem Muskel dieselbe absolute Länge ertheilen, ganz verschiedene Maximalspannungen haben können und umgekehrt, wie es z. B. aus den mit 1 und 2 bezeichneten Zuckungen in der Taf. II Figg. 11 und 12 ersichtlich ist. In der mit 1 bezeichneten Zuckung sind die Anfangsspannungen bedeutend geringer, die Schlussspannungen aber bedeutend grösser als in den mit 2 bezeichneten. Dagegen sind die Verkürzungen in den mit 2 bezeichneten Curven bedeutend grösser als in den anderen.

Also hat der Muskel in dem Höhepunkte der Zuckung keine bestimmte, einer gewissen Spannung entsprechende absolute Länge. Die Länge hängt nicht allein von der Spannung ab, sondern auch von vorhergehenden, sowohl Längen- als Spannungsverhältnissen, und zwar nicht bloss den bei dem Anfange der Zuckung vorhandenen, sondern auch den im Verlaufe der Contraction vorkommenden.

Dasselbe zeigen auch die unteren Zuckungen der Taf. II in Figg. 13 und 14, wo die Spannung in dem Höhepunkte der Zuckung bis 0 herabgefallen ist, die absolute Länge aber bei Weitem nicht so gering ist, wie z. B. bei der freien Zuckung, wo wir auch die Spannung 0 haben. Verschwiegen darf aber nicht werden, dass die Spannungsunterschiede, z. B. zwischen den Zuckungen 1 und 2 in Taf. II Figg. 11 und 12, übertrieben gezeichnet sind. Der Trägheit des Indicators zu Folge werden die Excursionen desselben bei einer gegebenen Längen- oder Spannungsänderung um so viel grösser, je schneller sie verlaufen. Wohl ist das Trägheitsmoment für die Bewegungen nach der Richtung der Abscissen kleiner, als das für die Bewegung nach der Ordinatenrichtung, statt dessen ist aber im ersteren Falle die Dämpfung viel geringer und die Geschwindigkeit, mit welcher die Spannung in diesen Versuchen zugenommen hat, ist in der That sehr gross, auch im Ver-



hältniss zu der Beweglichkeit der kleinen Masse, welche hier die Registrirung ausführt. Wir können aber auch leicht diese Fehlerquelle umgehen; das Hauptergebniss bleibt jedoch unverändert, nämlich das, was ich hier oben formulirt habe. Weitere Belege bieten uns die Figg. 13, 14 und 15, Taf. II, wo Zuckungen mit discontinuirlichen Spannungswechselungen (geradlinig wachsende und geradlinig abnehmende Theile) vorgeführt werden.

Einstweilen hieraus zu einer grösseren oder kleineren Erregung, oder aber Erhöhung, resp. Erniedrigung der Intensität der inneren moleculären Arbeit unter dem Einflusse des geschwinderen oder langsameren Zuwachses (resp. Abnahme) der Spannung schliessen zu wollen, würde wohl anfänglich verlockend erscheinen können, nothwendig ist es aber nicht. Unzweifelhaft hat man dieses schon früher eingesehen und Ad. Fick hat denselben Gedanken bestimmt ausgesprochen, bloss aber um auf Grund von Heidenhain's und eigener myothermischen Untersuchungen dessen Richtigkeit zu leugnen. Er meint, es sei nicht genug damit, dass die bei der Zuckung in mechanische Arbeit umgesetzte Energie mit der Spannung sich ändere, sondern es unterliege auch der ganze Energieumsatz damit einer Aenderung.

Um diese Sachen in richtige Beleuchtung zu stellen, halte ich es für angemessen, an die Erörterung auf S. 108 zu erinnern, um dieselbe auch auf die hier fraglichen Zuckungen anzuwenden. Die Verhältnisse stellen sich dabei verschieden, je nach der verschiedenen Anfangsspannung und Geschwindigkeit des Spannungszuwachses. Ist die Anfangsspannung gleich 0, so ist es ausschliesslich die physiologische Contractionskraft, welche die Form- und Spannungsänderung hervorrufen. Ist aber die Anfangsspannung grösser als 0, so wird der physiologische Act während eines grösseren oder kleineren Theiles der Zusammenziehung von der rein physischen, der elastischen Zusammenziehung der abgelasteten, dehnbaren und elastischen Substanz unterstützt. Dabei wird die Spannung während des Verlaufs der Zuckung von der elastischen auf die contractile Substanz allmählich übergeführt, um endlich beim Maximum der Contraction ausschliesslich oder, je nachdem der Muskel bei diesem Maximum die natürliche Länge vermehrt, mit der Nachdehnung überschritten hat oder nicht, nur theilweise auf der letztgenannten zu lasten. Wir können offenbar leicht genug, wenn auch nicht vollkommen exact, die Spannungsantheile bestimmen, welche in den hierzu gehörigen Versuchen der Taf. II Figg. 7, 8, 9 und 10 den elastischen Kräften auf dem Höhepunkte der Verkürzung zukommt. Man braucht zu dem Zwecke nur die Abscisse der Ablastungscurve des ruhenden Muskels für die dem Höhepunkt entsprechende Ordinate

(Muskellänge) zu messen. Freilich wird jedoch, der Nachdehnung zufolge, diese Bestimmung in einem gewissen Grade unsicher. Es macht nun keine Schwierigkeit die hier besprochenen Zuckungen mit den oben (S. 103) beschriebenen Vorrichtungen künstlich nachzuahmen. Was dies für die Theorie der Muskelcontraction bedeutet, ist auch schon besprochen.

Es scheint mir nach alledem nicht ungereimt, mit Weber anzunehmen, dass der Muskel neben der ruhenden auch eine arbeitende Form besitzt, jedoch mit dem Zusatz, dass der Uebergang von der einen zu der anderen jener Formen nicht augenblicklich vor sich geht, sondern eine gewisse, wenn auch kurze Zeit, deren Länge von den äusseren Verhältnissen unabhängig ist, erfordert, dass der Uebergang bedingt ist von Processen, welche die elastischen Eigenschaften der die Form des ruhenden Muskels bestimmenden Gewebelemente nicht beeinträchtigen, welche aber eine neue Kraft erscheinen lassen, deren Grösse, Kraft, von der vorhandenen Länge des Muskels abhängt, dass endlich diese, indem sie die Formveränderung hervorbringt, nicht bloss gegen möglicherweise vorhandene äussere Kräfte, sondern auch gegen einen inneren, im Muskel entstehenden Widerstand zu kämpfen hat, ein Widerstand, der um so grösser wird, je schneller die Formveränderung geschieht. Es ist, meine ich, gerade dieser innere Widerstand, welcher die contrahirenden Kräfte während der kurzen Zuckungszeit die der Belastung entsprechende Länge des arbeitenden Muskels (Tetanushöhe) vollständig zu erreichen gewöhnlich verhindert. Sind dagegen die äusseren Bedingungen solche, dass die Formveränderung bei der Zuckung wegfällt oder unbedeutend wird, dann fällt auch dieser Widerstand zum allergrössten Theile weg und der Muskel nimmt auch bei der einfachen Zuckung für einen Moment die dem tetanisirten Muskel bei der gegebenen Spannung zugehörige Form an.

Zuckungen, in welchen die Spannung eine geradlinige Function der Zeit gewesen, habe ich nicht hervorgebracht.

Im Verlaufe der Zuckung discontinuirlich wechselnde Spannungen habe ich dagegen mehrfach auf verschiedene Weise zu Stande kommen lassen. So können wir uns eine aus zwei oder mehreren Theilen bestehende Zuckung mit abwechselnd isotonischer, geradlinig wechselnder oder geradlinig abnehmender Spannung denken. Beispiele bietet die Tafel I. In der Taf. II Fig. 16 haben wir sechs Zuckungen, äusserst nach links eine freie Zuckung; die übrigen umfassen zwei Theile, 1. einen isometrisch, 2. einen isotonisch verlaufenden. Ausgangslänge und Anfangsspannung sind in allen Versuchen gleich, jene die natürliche Länge, diese Null. Von dem Gesichtspunkte der Methodik aus sind es

isotonische Zuckungen mit unterstütztem Längenschreiber (Ueberlastungsversuche). In der Taf. II Figg. 13 und 14 finden sich andere Beispiele derselben Art mit dem Unterschiede, dass dort die **Maximalspannung** unverändert dieselbe geblieben ist, während die Ausgangslänge und Anfangsspannung variiert worden sind.

Es dürfte hier am Platze sein, ein paar Worte über die Zuckungszeiten bei diesen Versuchen einzuschalten. Vielleicht ist es dem Leser nicht entgangen, dass die Curven in der Taf. II Fig. 4 denen in der Figg. 1, 2 und 3 nicht ähnlich sehen. In Fig. 4 treffen die Höhepunkte auf derselben Ordinate ein. In den übrigen treffen die Höhepunkte um so früher ein, je höher der Längenschreiber unterstützt war. Sagen wir statt dessen, je weniger und langsamer der Muskel sich verkürzt hat, so haben wir damit auch die wahrscheinliche Erklärung, die nämlich, dass der innere Widerstand bei grösserer und schnellerer Verkürzung mehr als bei der geringeren und langsameren Formveränderung mit dessen geringerem Widerstande das Erreichen des Höhepunktes verzögert hat, angedeutet. Bei den in Taf. II Fig. 4 nachgeahmten Zuckungen haben wir absichtlich solche Anstalten nicht getroffen, in welchen die innere Reibung nachgeahmt wurde. Auch sind die Zeiten des Erreichens der Höhepunkte nicht merklich von einander getrennt.

In der Taf. II Figg. 8, 9 und 10 haben wir andere Beispiele von Zuckungen, wo wir abwechselnde Isotonie und geradlinig wachsende Spannung angewendet haben. Der Muskel hat sich nämlich in den zu oberst gezeichneten Curven zuerst eine grössere oder kleinere Strecke zusammengezogen und dann erst folgt die geradlinig wachsende Spannung. Die Figg. 11 und 12 Taf. II bieten auch ähnliche Beispiele dar, die Fig. 12 ausserdem auch Zuckungen, welche in der ersten Strecke (mehr oder weniger weit) isometrisch bei natürlicher Länge und in dem folgenden entweder in Bezug auf die Spannung geradlinig wachsend (d. h. langsamer wachsend), oder aber gradlinig abnehmend sind. In Taf. II Figg. 13 und 14 sehen wir Beispiele von Zuckungen, wo die Spannung zuerst von verschiedenen Ausgangsspannungen geradlinig zu demselben Maximum wächst, um darauf, so lange der Muskel sich verkürzt, geradlinig abzunehmen. In Taf. II Fig. 15 ist auch die maximale Spannung variiert worden.

In Taf. III Fig. 6 sehen wir eine Anzahl von isometrisch-isotonischen Zuckungen (solche wie in Taf. II Fig. 16), wo wir Länge und Spannung jede für sich an dem Cylindermyographion registriert haben. Die Zahlen geben die Spannungen in Gramm an. Dagegen haben wir in Taf. III Fig. 7 isotonisch-isometrische Zuckungen, oder genauer, freie

Zuckungen „mit Anschlag“ (v. Kries) zu sehen. Nachdem der freie Muskel eine längere oder kürzere Strecke sich verkürzt hat, ist seine weitere Verkürzung plötzlich gehemmt worden. Die unterste von den Spannungscurven ist also eine isometrische, die oberste von den Längencurven ist die Curve einer freien Zuckung. Diese Figuren sind eher als belehrende Illustrationen zu anderen, neulich in der Litteratur erschienenen Arbeiten, als um hier eingehend discutirt zu werden, beigegeben. Dasselbe gilt für die Taf. III Fig. 8, welche Zuckungen abbildet, die mit einer isotonischen Contraction von 100 \* anfangen und dann plötzlich zu freien Zuckungen (Spannung = 0) übergehen, und für Taf. III Fig. 9, wo die Zuckungen von isometrischen zu freien Zuckungen übergehen („Anfangshemmung“).

Die Curven 1 und 2, Taf. IV Fig. 1, zeigen Zuckungen, welche einen ersten isometrischen und einen späteren isotonischen Theil von 20 \* Spannung haben. Diese Curven scheinen stark von der Trägheit der Massen, wahrscheinlich aber auch von dem inneren Widerstande beeinflusst zu sein. Wird die von den trägen Massen herrührende Deformation corrigirt, so erhalten wir Curven, welche nicht unbedeutend niedriger als die unsignirte isotonische Curve sind, was ich als auf der grösseren Geschwindigkeit, mit welcher die Zusammenziehung vor sich gegangen ist, und als auf dem in Folge dessen vermehrten inneren Widerstande beruhend annehmen muss. In den Zuckungshöhen der kurz vorhergehenden Figuren sehe ich die Resultate des Einflusses dieser gegen einander wirkenden Factoren. In der Regel hat man bisher bei gleichartigen Versuchen gar zu grosse Massen mit im Spiele gehabt, so dass deren Einfluss sich ganz überwiegend geltend gemacht hat.

Dies leitet den Gedanken auf die absichtlich mit trägen Massen ausgeführten Zuckungen, welche mit Rücksicht auf die Spannungsverhältnisse den Zuckungen mit Anfangshemmung ziemlich nahe stehen. Noch mehr nähern sie sich solchen Zuckungen, welche in der Taf. III Figg. 13, 14 und 15 bezeichnet sind. Die Anfangshemmung ist eine sehr kurze Zeit absolut, d. h. hinreichend, um die Verkürzung zu verhindern, wird später unvollständig und macht dann die Bewegung langsam. Im weiteren Verlaufe der Zuckung wird das äussere Hinderniss immer schwächer und kann sogar gleich Null werden.

Unter den angeführten Figuren finden sich verschiedene solcher Zuckungen mit mehr oder weniger trägen Massen und unter übrigens wechselnden Verhältnissen aufgezeichnet. Alle freien Zuckungen sind streng genommen als solche zu betrachten. Das zeigen ja auch die Spannungscurven. Da abgesehen von dem Unterschiede der Grösse der Muskeln dieselbe Masse bei allen hier verzeichneten Zuckungen in

Bewegung gesetzt wurde, so sind sie auch alle (es mag sein, daß der Einfluss dieser Massen auf die Form der Längencurve im Vergleich mit dem der Muskelmassen nicht bedeutend ist) bis zu einem gewissen Grade unter dieser Kategorie aufzuführen. Mit dem photographischen Indicator, wo das Trägheitsmoment des schreibenden Apparates noch mehr reducirt ist, habe ich mich überzeugt, dass die damit erreichte Reduction auf die Spannungsverhältnisse bei den Zuckungen einen kaum merklichen Einfluss ausübt.

In der Taf. II Fig. 5 haben wir eine mit *d* bezeichnete Curve, in welcher der Einfluss der trägen Massen sowohl auf die Spannungen als auf die Längencurve sich merkbar geltend macht. Das Gewicht (25 g) ist bei dieser Zuckung mit dem Längenschreiber und dem Muskel mittels eines undehnbaren Fadens und nicht mit einem dünnen Kautschukstrange verbunden gewesen. Die Spannungscurve belehrt uns, wie unter diesen Umständen die Spannung beim Anfange der Zuckung ziemlich schnell von 25 g bis gegen 60–70 g gewachsen ist, um dann später allmählich bis auf weniger als 10 g, jedoch ohne bis auf 0 herunter zu kommen, zu sinken. Gegen das Ende des Rückgangsstadiums der Zuckung tritt aus leicht ersichtlichen, rein mechanischen Gründen eine neue Erhöhung der Spannung auf. Die Längencurve hat einen S-förmig aufsteigenden und einen ebenso geformten absteigenden Schenkel. So lange die Spannung grösser ist, wird die Verkürzung kleiner als die isotonische Verkürzung bei derselben Anfangsspannung. Die Curve schneidet jedoch die isotonische etwas nach (3 mm) dem Zeitmomente, dem 25 g Spannung in der Spannungscurve entsprechen, was ohne Zweifel hauptsächlich eine Wirkung des während der Zeit schnellsten Verkürzung, welche nahe vor dem Schneidepunkte eintritt, vermehrten inneren Widerstandes ist. Die Curve *d* reicht höher hinauf als die isotonische, was nicht Wunder nimmt, da die Spannung sehr herabgesetzt ist. Sie erreicht aber doch nicht die Höhe der freien Zuckung (Curve *o*). Ein Vergleich zwischen den Höhepunktsabscissen der drei Curven zeigt, dass träge Massen die Verkürzungszeit verlängern können, aber auch, dass sie dieselben unter Bedingungen, im Vergleich mit der Verkürzungszeit der isotonischen Zuckung, zu verkürzen vermögen. Warum? brauche ich wohl nicht weiter zu erörtern.

In Taf. III Fig. 1 haben wir auch einen Vergleich zwischen den mechanischen Bedingungen für den Unterschied zwischen einer Verkürzung (eines elastischen Körpers) gegen eine constante Kraft und zwischen einer Verkürzung gegen träge Massen angestellt. Die isotonische Curve ist die mit *k* vermerkte, während die Curve *d* mit dem

Gewichte an dem Längenschreiber direct verbunden bezeichnet ist. Einen belehrenden Unterschied zwischen den Muskelzuckungen bieten diese Curven auch dar, indem sie zeigen, dass der Uebergang des ruhenden Muskels zu der arbeitenden Form allmählich, wenn auch schnell, geschieht, während die zusammenziehenden Kräfte der elastischen Substanz schon von Anfang an völlig entwickelt sind. Eine isotonische Curve kann deshalb diese Substanz nicht liefern. Nur können Länge und Spannung, je nach der Grösse der gegen die Verkürzung wirkenden Trägheitsmomente, mehr oder weniger schnell abnehmen. Davon hängt aber, wie wir sahen, die Grösse der während der Zusammenziehung producirten Arbeit wesentlich ab. Die Curve *k*, Taf. III Fig. 1, entspricht einer Arbeit von  $250 \text{ s} \cdot \text{mm}$ , die Curve *d* aber  $360 \text{ s} \cdot \text{mm}$ . In der Taf. III Fig. 1 lässt sich die Arbeit aus der isotonischen Curve *k* zu  $\frac{16}{2} \times 25 = 200 \text{ s} \cdot \text{mm}$  und aus der mit *d* bezeichneten  $\frac{19}{2} \times 25 = 237.5 \text{ s} \cdot \text{mm}$  in runden Zahlen berechnen. Diese verschiedenen Arbeitsmengen sind in dem einen Falle ausschliesslich von den äusseren, rein mechanischen Umständen bedingt; sollte dasselbe nicht für den anderen Fall gültig sein?

Die in Taf. III Fig. 2 mit *d* bemerkten Curven sind von derselben Art, wie die Curven *d* in Taf. II Fig. 5. Ich füge hier hinzu, dass ich mit Hülfe der auf Seite 152 erwähnten Vorrichtung solche und zwar dermaassen gleiche Curven, dass deren Reproduciren hier als überflüssig angesehen werden muss, ohne Muskelcontractionen nachgemacht habe.

Es dürfte jedoch nicht ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit liegen, zu zeigen, wie sich Muskeldiagramme oder Länge-Spannungscurven gegen träge Massen geschrieben ausnehmen. Ich habe zwar vorher ein paar Mal solche Curven publicirt, sie waren aber mit in Bezug auf Construction bedeutend zurückstehenden Apparaten gewonnen. Die in Taf. IV Fig. 2 reproducirten Curven zeigen Zuckungen von wechselnder Ausgangslänge und Anfangsspannung, ebenso wie von wechselnden Massen. In Fig. 3 ist die Ausgangslänge (mit zwei Ausnahmen) unverändert dieselbe geblieben (Ueberlastung), sonst sind die Bedingungen denen in Fig. 2 gleich.

Es dürfte hier nöthig sein, die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, dass oft zwischen den Längenveränderungen des Muskels und der Bahn des erhobenen Gewichts ein himmelweiter Unterschied ist. Wenn wir z. B. den Längenschreiber mittels eines dehnbaren oder starren Zwischengliedes mit trägen Massen verbinden, so weicht der von diesen befolgte Weg mehr, als von dem durch den Längenschreiber gezeichneten ab. Die trägen Massen selbst ihre Bahn auf demselben Cylinder zeichnen

zu lassen, steht auch nichts im Wege. Wie solche Versuche ausfallen, zeigen die Figg. 1 Taf. V und 4 Taf. IV, aus welchen wir manche Belehrung ersehen können. So geben die in Fig. 30 von dem äquilibrirten Maasshebel gezeichneten Curven  $\sigma$ , dem Gewichte  $\sigma$  entsprechend, ein Beispiel von der Ueberführung der Muskelarbeit in lebendige Kraft. Die entsprechenden Längen- und Spannungscurven ergeben eine gar nicht geringe Arbeit, welche natürlich dazu verbraucht worden ist, um den äquilibrirten Maasshebel in Bewegung zu setzen und diese Bewegung bis zu einer gewissen Stufe zu beschleunigen.

Hierin liegt auch die Erklärung dafür, dass die Muskeldiagramme in Taf. IV Figg. 2 und 3, wo die trägen Massen die Contractionsarbeit erhöht haben, die Eigenthümlichkeit zeigen, dass die wieder heruntersinkenden Massen bei der Ausdehnung des Muskels eine nicht ebenso grosse Arbeit, wie die bei deren Heraufschleuderung verbrauchte, ausgerichtet haben. Während der Zeit der mehr oder weniger freien Bewegung der Massen ist der Muskel schon ganz oder theilweise zu seinem ruhenden Zustande mit der dazu gehörigen ausgedehnteren Form zurückgekehrt, ist also theilweise von inneren Kräften ausgedehnt worden.

Auch hier wird Muskelarbeit theilweise in lebendige Kraft umgewandelt, und diese wandelt sich ihrerseits bei dem Herunterfallen der Massen das eine Mal, wie es aus der Fig. 29 ersichtlich ist, durch die von dem Muskel gedämpften elastischen Schwingungen in innere Arbeit, das andere Mal, wie in Fig. 28 dargestellt ist, durch den Stoss gegen die Unterlage in ausserhalb des Muskels freigewordene Wärme um.<sup>1</sup>

Weil die trägen Massen niemals vollständig ausgeschlossen werden können, trifft dies mehr oder weniger bei jeder Muskelzuckung ein. Messen wir die zusammengehörigen Ordinaten der Längen- und Spannungscurven einer Muskelzuckung und setzen wir die Ordinaten der Spannungscurven als Abscissen, und die der Längencurven als Ordinaten ein, so erhalten wir Curven von demselben Typus, wie die Diagramme. Es versteht sich von selbst, dass diese Sachverhältnisse für die richtige Beurtheilung des Resultates der myothermischen Untersuchungen von grosser Tragweite sind.

---

<sup>1</sup> Ich kann die Bemerkung nicht unterdrücken, dass die Aufmessung der Muskelwärme unter diesen verschiedenen Bedingungen uns das eine Mal die ganze in dem Muskel bei der Zuckung umgesetzte Energie, ein anderes Mal die Reactionswärme des die Zuckung erzeugenden chemischen Processes geben würde, ebenso dass meine Untersuchungen darauf hindeuten, dass die letztere bedeutend geringer ist, als man auf Grund bisher veröffentlichter Untersuchungen vermuthen sollte.

Meine umfassenden myothermischen Untersuchungen, die ich nächstens zu publiciren beabsichtige, haben meine Zuversicht in die meisten, einschliesslich meiner eigenen, bisher publicirten Untersuchungen über denselben Gegenstand stark erschüttert. Es könnte dies wohl für eine bequeme Art, die wichtigsten Einwände, welche gegen meine oben angedeutete Annahme von der Unabhängigkeit des mit der Contraction zusammenhängenden Stoffumsatzes von dabei stattfindenden Spannungsverhältnissen gemacht werden können, zu entkräften, gehalten werden. Die bisher publicirten myothermischen Untersuchungen geben ja doch ganz anderes an die Hand. Unter solchen Umständen kann es also nicht genug sein, erwiesen zu haben, dass der verschiedene Verlauf der Zuckungen bei verschiedenen Spannungsverhältnissen eine Veränderung des physiologischen Contractionsacts weder erfordert noch beweist. Ich habe es darum für nöthig gehalten darnach zu streben, der Sache auf einem anderen Wege näher auf den Leib zu rücken.

Der Gedankengang, welcher mich dabei geleitet hat, ist dieser: Wenn der Stoffumsatz eines circulationslosen Muskels von den verschiedenen Spannungsverhältnissen oder von den verschiedenen Mengen mechanischer Arbeit, welche er bei diesen Zuckungen leistet, abhängig ist, so dürfte dies wohl auf die Form der Ermüdungscurven einwirken müssen. Ich habe darum meinen Assistenten cand. med. Nils. Fick aufgefordert, Versuche zu machen, um zu erfahren, wie es sich hiermit verhält.

Die Versuche wurden in folgender Weise angeordnet. Das Becken des Doppelpräparates wurde in einer Klemme befestigt, die Adductoren des einen Schenkels wurden mit einem in denselben Horizontalplan gelegten und in demselben Plane beweglichen Längenschreiber, und die des anderen Schenkels mit einem ähnlichen Längenschreiber nach der anderen Seite verbunden, so dass das Becken sich also in der Mitte zwischen den beiden registrirenden Hebeln befand. Die Belastungen waren an, resp. über leichtbeweglichen Rollen zu den Längenschreibern laufenden Fäden gehängt. Die Schreiber zeichneten die Zuckungshöhen auf einem horizontalen Cylinder (Baltzar) auf, während ein Uhrwerk die den beiden Muskelgruppen gleichzeitig 33 Mal in der Minute zugeführten rhythmischen Reizungen besorgte.

Eine erste Reihe von Versuchen ergab als Resultat, dass bei gleicher Belastung der beiden Muskeln weder die Zuckungshöhen immer gleich, noch die Ermüdungscurven stets völlig gleichförmig waren. Kleine Differenzen machten die Regel aus, grössere kamen seltener vor. Dies zeigt indessen, dass man nicht für ausgemacht annehmen darf, dass die Muskeln beider Schenkel von Hause aus in Bezug auf das



Leistungsvermögen gleichgestellt sind. Man kann somit erst nach zahlreichen Versuchen den Einfluss von Zufälligkeiten ausschliessen und sich ein zuverlässiges Urtheil bilden.

Eine zweite Reihe behandelte solche Versuche, bei welchen der eine Muskel das Gewicht an einem Kautschukstrange (Isotonie) und der andere ein gleich schweres Gewicht an einem undehnbaren Drahte (träge Massen) hängend trug. Der letztere Muskel führte dann bei jeder Zuckung mehr Arbeit aus als der erstere. Der Verlauf der Ermüdungscurven aber zeigte überhaupt gar keinen Unterschied.

In einer dritten Versuchsreihe hingen die Gewichte entweder beide an Kautschukbändern oder beide an Fäden; die Schwere derselben variierte aber in der Weise, dass die ersten Zuckungen mit gleichen Belastungen ausgeführt wurden, dann jedoch die Last des einen Muskels bedeutend vermindert oder vermehrt wurde, um bei dieser Schwere constant erhalten zu bleiben, bis die Ermüdung sich durch die Abnahme der Zuckungshöhen bis zur Hälfte oder mehr im Vergleich mit der der ersten Zuckungen deutlich kundgab. Darnach wurden die Belastungen der beiden Muskeln wieder gleich gemacht und die Zuckungshöhen verglichen. Sie wurden dabei oft gleich, einige Male grösser für den einen und ebenso oft für den anderen Muskel grösser gefunden. Man konnte mit einem Worte nicht constatiren, dass die Belastungsverhältnisse merkbar auf die Ermüdungscurve eingewirkt hätten. Ich halte es für angemessen, ein paar Beispiele der Art, die zwei ersten dieser Reihe, beizufügen. (Figg. 5 Taf. IV und 1, Taf. VI.)

Es sind doch bedeutend verschiedene Mengen von Arbeit, welche die Muskeln in dieser Weise geleistet haben. So hat z. B. der eine Muskel in 83 Zuckungen mit 20<sup>s</sup> Belastung 52·160 s.<sup>mm</sup> und, nachdem die Belastung bis auf 200<sup>s</sup> vermehrt worden ist, mit insgesamt 130 Zuckungen 104 060 s.<sup>mm</sup> geleistet, während der Zwillingsmuskel, welcher die ganze Zeit mit einer Last von 200<sup>s</sup> gearbeitet hat, in derselben Zahl von Zuckungen 392 500 s.<sup>mm</sup> geleistet hat. Die letzten Zuckungshöhen des letzteren Muskels waren doch bedeutend grösser als die des ersteren (6·5 und 2<sup>mm</sup>).

Hier einige weitere Belege:

#### Versuch I.

Muskel Nr. 1.			Muskel Nr. 2.		
Zuckung	Last	Arbeit	Zuckung	Last	Arbeit
	g	g. <sup>mm</sup>		g	g. <sup>mm</sup>
1—5	10	2·822	1—600	10	168·270
6—110	210	427·707			
111—600	10	483·597			
Die letzte Zuckung		1·7	Die letzte Zuckung		3·5

## Versuch II.

Muskel Nr. 1.			Muskel Nr. 2.		
Zuckung	Last	Arbeit	Zuckung	Last	Arbeit
	g	g. mm		g	g. mm
1—29	20	23.385	1—340	20	133.950
30—129	100	156.010			
130—340	20	182.450			
Die letzte Zuckung		5.2	Die letzte Zuckung		6.5

## Versuch III.

Muskel Nr. 1.			Muskel Nr. 2.		
Zuckung	Last	Arbeit	Zuckung	Last	Arbeit
	g	g. mm		g	g. mm
1—40	20	21.460	1—230	20	84.760
41—102	120	129.960			
103—230	20	158.600			
Die letzte Zuckung		3	Die letzte Zuckung		2

## Versuch IV.

Muskel Nr. 1.			Muskel Nr. 2.		
Zuckung	Last	Arbeit	Zuckung	Last	Arbeit
	g	g. mm		g	g. mm
1—10	20	8.085	1—171	20	135.005
11—117	220	252.578	172—230	220	161.185
118—290	20	287.843	231—290	20	168.735
Die letzte Zuckung		1	Die letzte Zuckung		4.5

u. s. w.

Ich darf vielleicht hinzufügen, dass es dem Herrn Cand. Fick, als er diese Versuche ausführte, nicht bekannt war, wo ich mit denselben hinielte.

Man kann auch Versuche mit Muskeltetanus nach demselben Muster anstellen und kommt dabei viel bequemer und schneller zu demselben Schlusse.

Aus der obigen vielleicht allzu gedrängten Darstellung dürfte hervorgehen, dass ich hervorzuheben wünsche theils die Rolle, welche der innere Widerstand bei der Formveränderung des Muskels spielt, sei es, dass diese Formveränderung bei dem ruhenden oder arbeitenden Muskel von äusseren oder inneren Kräften hervorgerufen wird, theils auch die Nothwendigkeit einer functionellen Trennung zwischen den elastischen Theilen, welche die Form des ruhenden Muskels bedingen, und die contractile Substanz, welche, je nach der augenblicklichen Länge des Muskels, allein oder zusammen mit der ersteren die Form des arbeitenden Muskels bestimmen. Weiter habe ich mich bemüht, Gründe für die Auffassung, wie A. Fick sich ausdrückt: „es verlaufe

bei jeder maximalen Zuckung immer derselbe innere Process, unter welchen äusseren Umständen dieselbe auch erfolgen mag,“ anzuführen. Ein wie grosser Theil der bei diesem Processe umgesetzten Energie in mechanische Arbeit umgewandelt wird, hängt, meine ich, von diesen äusseren Umständen ab, sowie auch die Menge von mechanischer Arbeit, welche ein elastisches Band bei Ablastung liefert, von der Form der Ablastung abhängig ist.

Was endlich die Zweckmässigkeit betrifft, welche man in der Anordnung, dass der Muskel bei der Zuckung einen je nach der Spannung verschiedenen Umsatz erleiden sollte, gefunden zu haben glaubte, so will ich nur daran erinnern, dass ein derartiger Regulirungsapparat neben der Regulirung des Stoffumsatzes, welcher von der Stärke des aus dem Nervensysteme zugeführten Reizes abhängig ist, ziemlich überflüssig sein dürfte.

---

# Die Länge und die Spannung des Muskels.<sup>1</sup>

Von

**Magnus Blix.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

---

(Hierzu Taf. II—VI.)

---

## Vierte Abhandlung.

### Der tetanisirte Muskel.

Dasselbe Verfahren, welches ich angewandt habe, um die Beziehung zwischen der Länge und der Spannung des ruhenden Muskels zu ermitteln, habe ich auch beim tetanisirten Muskel gebraucht. Dergleichen Versuche habe ich schon früher publicirt.<sup>2</sup> Hier will ich noch einige neue Versuche vorführen, welche ich mit Hülfe der in den zwischenliegenden Jahren verbesserten Instrumente gemacht habe.

Taf. V Fig. 2 zeigt die Resultate einiger solcher mit dem Muskel-indicator ausgeführter und nachher in ein geradliniges, rechtwinkliges Koordinatsystem eingezeichneter Versuche. Ein Millimeter Abscissenlänge bedeutet 40<sup>c</sup> Spannung und ein Millimeter Ordinatenlänge  $\frac{18}{11}$  mm Muskelverlängerung. Die oberst beschriebene Curve ist die Belastungscurve des tetanisirten Muskels. Sie geht unmittelbar in die nächst unterliegende Ablastungscurve über. Darunter sehen wir die Belastungs- und Ablastungscurven des ruhenden Muskels. Die mit *a* und *b* bezeichneten Versuche sind von einfachen Adductoren, *c* vom einfachen Gastrocnemius mittelgrosser ungarischer Frösche geschrieben. In *a* sind Belastung und Ablastung so schnell geschehen, wie es möglich war ohne

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 22. April 1894.

<sup>2</sup> *Upsala Läkareförenings Förhandlingar.* Bd. IX. S. 555.

gar zu grossen Einfluss der trägen Massen des Apparates auf die Form der Curven. In *b* und *c* sind Belastung und Ablastung ziemlich langsam bewirkt. Dabei ist der Muskel, welcher *b* geschrieben hat, früher zu anderen Tetanusversuchen angewandt worden, so dass ein neues Moment hinzugekommen ist, das auf die Gestalt der Curven kräftig eingewirkt hat — nämlich die Müdigkeit.

Wo dieses Moment sich nicht merkbar gemacht hat, wie in *a*, finden wir, dass Belastungs- und Ablastungscurven des tetanisirten Muskels einander ziemlich nahe fallen. Diese und ähnliche Versuche zeigen, dass, wenn es nicht geleugnet werden kann, dass ein die Nachdehnung des ruhenden Muskels entsprechendes Verhältniss auch bei dem tetanisirten Muskel vorkommt, auf der anderen Seite diese Nachdehnung hier kleiner ist als beim ruhenden Muskel.

In *c* und *d* stehen die Curven, der Müdigkeit wegen, wie ich schon angedeutet habe, weiter von einander als die entsprechenden Curven des ruhenden Muskels. Diese Einwirkung der Müdigkeit stört und erschwert mehr oder weniger die Untersuchungen über Muskeltetanus, besonders wenn das Versuchsmaterial überlebende Muskeln ausmacht, und vor Allem, wenn man schwerere Belastungen in Anwendung bringt. Die Müdigkeit wirkt nämlich viel mehr und viel früher auf die Tetanushöhe bei grossen Belastungen als bei kleinen, wie schon Edw. Weber bemerkt hat.

Wenn man bei dem tetanisirten Muskel die Belastung über eine bestimmte Grenze wachsen lässt, so wird der Muskel natürlich zerrissen. Die Zerreiſsung geht jedoch nicht plötzlich von Statten, sondern mehr allmählich, indem erst nur eine oder einige Muskelfasern nachgeben und nachher mehrere, wobei die Länge des Muskels erst langsam, dann schneller zunimmt.

Taf. V Fig. 3 zeigt einen solchen Versuch mit einem kleinen Adductor. Unten ist eine andere Belastungscurve zum Vergleich von dem anderen Adductor desselben Frosches und ohne Reizung geschrieben. Die Belastung ist hier jedoch nicht länger getrieben als nöthig war, um die Zerreiſsung der ersten Fasern hervorzubringen. Unter fortgehender Wirkung derselben Last ist die vollständige Zerreiſsung dann vollbracht.

Beachtenswerth ist erstens, dass die allgemeine Form der Belastungscurve bis zur Festigkeitsgrenze unverändert bleibt, und weiter, dass der tetanisirte Muskel weit früher reisst, wenn er zur natürlichen Länge ausgedehnt worden ist.

Vergleichen wir den Verlauf der Belastungscurve des arbeitenden

Muskels mit dem des ruhenden Muskels, so finden wir ihn so ziemlich ähnlich, doch mit dem Unterschied, dass der erste Theil der Belastungscurve des arbeitenden Muskels mehr geradlinig verläuft als der des ruhenden Muskels. Oft zeigt sich der letzte Theil (grössere Belastungen) etwas steiler abfallend. In Taf. V Fig. 2 sind die beiden Curven grösstentheils parallel.

Der übereinstimmende Verlauf der Ablastungscurven ist nicht weniger einleuchtend. Taf. V Fig. 2 *b* und *c* zeigt z. B. fast vollständigen Parallelismus der genannten Curven.

Meine Versuche ergaben also, dass die Dehnbarkeit des arbeitenden Muskels für kleine Belastungen kleiner ist als die Dehnbarkeit desselben Muskels in ruhendem Zustand. Bei grösseren Belastungen aber tritt das entgegengesetzte Verhältniss oft ein, was doch wahrscheinlich eine Folge der Müdigkeit ist.

Ganz einfach scheint es mir, den Grund der kleinen Veränderungen der Nachdehnung und der Längsdehnbarkeit in der beim Zusammenziehen der Muskeln eintretenden Querdehnung der elastischen Gewebelemente zu suchen.

Man kann auch den Muskel belasten, ehe man ihm den Reiz zuführt, und erst nach erreichtem Contractionsmaximum die Ablastung vornehmen. Diese Ablastung muss jedoch, besonders wenn man schwerere Belastungen anwendet, verhältnissmässig langsam erfolgen, damit der Muskel sich zu der der Spannung entsprechenden Länge zu verkürzen im Stande sei. Auf der anderen Seite darf man der Ermüdung wegen auch nicht allzu langsam ablasten. Bei diesen Versuchen hat man es überhaupt nicht leicht, der Müdigkeit vollständig zu entgehen. Ueber die richtige, genaue Gestalt der mit dieser Methode gewonnenen Curven ist es deshalb schwer, eine gut begründete Auffassung zu erhalten. Ich bin jedoch jetzt überzeugt, dass diese Curve, wenn man von einer genügend grossen Belastung ausgegangen ist, und beim Ablasten alle Fehler möglichst vermieden hat, eine doppelte S-Form zeigt (zwei Wendepunkte hat). Taf. V Figg. 4, 5 und 6 geben hierzu Beispiele.

Die Curven, Taf. V Fig. 4 sind von einem kleinen Adductor geschrieben, zu unterst die Belastungscurve des ruhenden Muskels, darüber die fragliche Curve, welche ich in früheren Abhandlungen die Arbeitscurve genannt habe, und jetzt fortwährend auch so nennen will. Das Bild *a* ist von dem neuauspräparirten Muskel gezeichnet; *b* zeigt schon den Einfluss der Müdigkeit oder vielmehr, dass ich zum Theil etwas zu schnell abgelastet habe. In *a* steigt die Curve bei ungefähr 600<sup>r</sup> Last ein Stück senkrecht in die Höhe.

Taf. V Fig. 5 ist von einem Gastrocnemius geschrieben. Zu unterst steht die zuletzt geschriebene Curve, die Ablastungscurve des ruhenden Muskels; darüber finden wir die zuerst geschriebene Curve: die Belastungscurve des ruhenden Muskels. Die dritte Curve ist die Arbeitscurve und zu oberst ist die unmittelbar nach der Arbeitscurve geschriebene Belastungscurve des arbeitenden Muskels. Die Arbeitscurven sind in Bild *a* und *b* einander fast gleich, auch sind die obersten Curven wenig verschieden, sodass man vom Einfluss der Müdigkeit hier nicht viel spürt.

Taf. V Fig. 6 ist auch von einem kräftigen Gastrocnemius geschrieben. Versuch *a* beginnt mit Ablastung und Belastung des ruhenden Muskels. Nachher ist die Arbeitscurve geschrieben. Die S-Form fehlt in diesem Versuche und die Curve stimmt ziemlich genau mit der Ablastungscurve des ruhenden Muskels überein. In Bild *b* sehen wir erstens die Belastungscurve des ruhenden Muskels, dann darüber die Arbeitscurve. Die Maximalbelastung war hier etwas grösser als in *a*. Deutlich ist jedoch, dass es wesentlich die Müdigkeit ist, welche den S-förmigen Theil der Arbeitscurve innerhalb des Gebietes der angewandten Belastung eintreten lässt, was in Versuch *a* nicht geschehen ist und überhaupt nicht eintritt, so oft der Muskel mit der Maximalbelastung bis zu der natürlichen Länge sich zu verkürzen im Stande ist. Ohne Zweifel kann man durch passende Abmessung der Ablastungsgeschwindigkeit auch bei maximaler Reizung die Arbeitscurve durch beliebige Punkte zwischen die Ablastungscurven des ruhenden und des arbeitenden Muskels lenken, aber ebenso unzweifelhaft wird die Arbeitscurve, wenn sie ohne Einwirkung der Müdigkeit und mit vollständig maximaler Verkürzung in jedem Punkt geschrieben ist, unter der Ablastungscurve, welche unter denselben Bedingungen gezeichnet wurde, liegen, und sie wird auch die S-Form zeigen, wenn nur die Maximalbelastung genügend war. Es ist jedoch denkbar, dass die hierzu nöthige Belastung bei besonders kräftigen, maximal gereizten Muskeln ausserhalb der Tragfähigkeitsgrenze liegen kann. Aber wenn sie auch nur bei schwächeren Muskeln oder bei schwacher Erregung auftreten sollte, so bietet doch dies schon für die Auffassung des Mechanismus der Muskelcontraction ein grosses Interesse, wozu ich später kommen will.

Edw. Weber suchte einst die Beziehung der Länge des arbeitenden Muskels zu seiner Spannung dadurch zu finden, dass er die Länge des Muskels bei verschiedenen Belastungen nach dem Tetanisiren mass. In Folge des schwächlichen Präparates, womit er seine Versuche ausführte, und der zeitraubenden Messungsmethode, die er brauchte, hatte er viel Gelegenheit von der Ermüdung des Muskels. Seine Messungen gaben

jedoch, wie Enko<sup>1</sup> gezeigt hat, wenn zusammengehörende Belastungen und Längen in einem geradlinigen Coordinatensystem eingezeichnet wurden, eine S-förmige Curve.

Die entsprechenden Versuche, mit Hülfe des Indicators gemacht, geben ein übersichtliches Bild dieser Verhältnisse. Taf. IV Figg. 2 und 3 sind auf diese Weise entstanden. In Fig. 2 sind die Hubhöhen beim Tetanisiren eines Doppeladductoren registrirt worden, welcher im ersten Versuche eine constante Last von 900<sup>g</sup>, im zweiten 700<sup>g</sup> u. s. w. trug. Fig. 3 ist von einem grossen Adductor geschrieben. Verbindet man die Höhepunkte der verzeichneten Contractionen mit einer continuirlichen Curve, so nimmt diese, wie zu erwarten war, eine mit der Arbeitscurve übereinstimmende Form an.

Diese Versuche zeigen dabei auch Beispiele eines längst bemerkten Verhältnisses, wie nämlich die Verkürzung des Muskels nicht die grösste wird, wenn die Spannung am kleinsten ist, sondern ihr Maximum bei einer mittleren Spannung erreicht. Die in Taf. IV Fig. 3 gezeichneten Hubhöhen sind 22<sup>mm</sup> bei den schwächsten der angewandten Spannungen, aber 30<sup>mm</sup> bei 100 und bei 200<sup>g</sup> Spannung, 24<sup>mm</sup> bei 500<sup>g</sup>, 17.5<sup>mm</sup> bei 600<sup>g</sup>, 4<sup>mm</sup> bei 700<sup>g</sup> und endlich 1.5<sup>mm</sup> bei 800<sup>g</sup>.

Aber nie habe ich die Beobachtung gemacht, dass der Muskel in Folge der Reizung sich verlängert hat, wie schwer die Belastung und wie gross die Ermüdung des Muskels auch gewesen sein mögen. Es ist mir auch nicht bekannt, dass andere Physiologen Gelegenheit gehabt haben, die Richtigkeit der hierauf bezüglichen Beobachtung Edw. Weber's zu constatiren, und muss ich sie darum entschieden in Abrede stellen.

Eine vierte Variante dieser Versuche (dem Schwan'schen Experimente entsprechend) bietet einen noch mehr eingehenden Einblick in den Mechanismus der Muskelcontraction. Anstatt die Länge des Muskels variiren zu lassen, während verschiedene constante Spannungen dem Muskel zugetheilt werden, kann man den entgegengesetzten Weg einschlagen, den Muskel bei verschiedenen Längen constant halten und die Spannungen bei Contraction variiren lassen. Solche Versuche werden mit Hülfe der Indicatur so erzielt, dass man anstatt der Belastung einen undehnbaren Draht anbringt, welcher mittels geeigneter Einrichtungen in beliebige Höhe unverrückbar befestigt werden kann.

Die Figg. 4 und 5 (Taf. VI) sind mit dieser Methode gewonnen, Fig. 4 von einem Adductor, Fig. 5 von einem Gastrocnemius. Diese Figuren zeigen, was die oben erwähnten Versuche nicht zeigen

<sup>1</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth.* 1880. S. 96.  
Skandin. Archiv. V.



konnten, dass der Muskel beim Tetanisiren nicht notwendig grössere Maximalspannungen erreicht, je länger er ausgedehnt ist, sondern im Gegentheil, wenn er über eine gewisse Länge gedehnt wird, kleinere Spannungen bekommt. Treibt man die Dehnung noch länger, so kommt man bald zu einer Grenze, von wo aus die Spannungen mit der Dehnung wieder wachsen. Dies Verhältniss trifft zwar nicht bei allen dergleichen Versuchen zu, scheint aber doch die Regel zu sein und um so viel sicherer zu erwarten, je kräftiger und unermüdet der Muskel ist.

Eine Folge dieses Verhältnisses ist auch, dass, wenn wir eine passende Last gefunden haben und dieselbe in verschiedenen Höhen unterstützen (also, als Ueberlast verwenden), es eintreffen kann, dass der Muskel bei einer gewissen Länge die Ueberlast von der Unterlage erheben kann, wenn man aber die Unterlage etwas senkt, die Ueberlast nicht zu bewegen im Stande ist, aber bei erneuter Senkung der Unterlage die Last wieder ein Stück erhebt. Taf. IV Fig. 6 illustriert ein solches Experiment. Zwei kleine neben einander befestigte Adductoren wurden mit 700° überlastet und die Ueberlast vor dem Tetanisiren in Versuch 1 und 2 in zwei verschiedenen Höhen unterstützt. In diesen beiden Versuchen wurde die Ueberlast gehoben. Jetzt wurde die Ueberlast auf 900° vermehrt, welche der Muskel von der tief gestellten Unterlage in Versuch 3 erhebt, und ebenso wenn die Unterlage so hoch gestellt wurde, wie in den Versuchen 4 und 5. Als aber die Unterlage zuletzt bei der in Versuch 6. gewählten Höhe eingestellt wurde, vermochte der Muskel sich gar nicht zu verkürzen und in Versuch 7 nur sehr wenig.

Diese Erfahrungen zusammengekommen geben an die Hand: 1) dass der in spannungslosem Zustand tetanisirte Muskel bei der Dehnung sich beinahe so verhält, wie derselbe Muskel im ruhenden Zustande. (Die secundären Dehnungen sind nicht voll so gross, und der erste Theil der Dehnungcurve ist etwas weniger nach unten gebogen.) 2) Dass der tetanisirte Muskel für grosse Spannungen eine andere Länge annimmt, wenn der Reiz vor, als wenn er nach der Belastung zugeführt wurde. 3) Dass die Maximalspannung des tetanisirten Muskels mit der Verkürzung abnimmt und mit der Dehnung bis zu einer gewissen Grenze zunimmt, um jenseits dieser Grenze wieder abzunehmen und schliesslich bei fortgesetzter Dehnung nochmals mit der Verlängerung zu wachsen, also ausser dem absoluten Minimum und Maximum bei grösster Verkürzung und Ausdehnung resp., ein relatives Maximum hat bei einer Länge, welche etwas grösser ist als die natürliche Länge, und ein

relatives Minimum bei einer noch grösseren Länge. 4) Dass die Festigkeitsgrenze des tetanisirten Muskels für Dehnung eher erreicht wird, als der Muskel zu seiner natürlichen Länge ausgedehnt worden ist, und wir können hier hinzufügen, dass ein in seiner natürlichen Länge festgehaltener Muskel beim Tetanisiren oft von den zusammenziehenden Kräften zerrissen wird. Dieses gilt von ganz lebenskräftigen (nicht ermüdeten) maximal gereizten Muskeln.

Es ist einleuchtend, dass diese Verhältnisse nicht gut stimmen mit der Anschauung Edw. Webers, dass „die Thätigkeit des Muskels nicht nur in einer Aenderung seiner Form bestehe, sondern auch in einer Aenderung seiner Elasticität, die sich vermindert“.

Natürlicher scheint es mir und mehr übereinstimmend mit dem, was wir heut zu Tage von Bau und Eigenschaften des Muskels kennen und wissen, den Mechanismus ungefähr in folgender Weise aufzufassen. Die Form des Muskels wird theils von inneren, theils von äusseren Kräften bestimmt. Die inneren Kräfte sind sowohl von physikalischer als von physiologischer Art (von vitalen Processen abhängig). Die physikalischen Kräfte sind Elasticität und Reibung, jene an die festen Gewebeelemente des Muskels gebunden wie die Muskelfibrillen, die Sarkolemmarröhre mit ihren Querwänden, die interfibrillären Bindegewebsbildungen (Perimysium in- und externum), die Nerven und die Gefässe, diese auch an die plastischen und flüssigen Gebilde in und zwischen den Muskelröhren geknüpft. Die Kraft der Elasticität strebt den deformirten Muskel wieder zu seiner natürlichen Form zu bringen, ganz gleich, ob er der Länge oder der Quere nach gedehnt wurde. Diese Kraft wirkt dabei in demselben Sinne wie die physiologische Contractionskraft, wenn der Muskel über die natürliche Länge ausgedehnt ist, in der entgegengesetzten Richtung dagegen, wenn er kürzer ist als im ruhenden, ungespannten Zustande.

Wie gross die elastische Kraft ist, davon liefern die Dehnungscurven des ruhenden Muskels einigermassen eine Erläuterung, nämlich für den über die natürliche Länge gedehnten Muskel. Gilt es aber dem verkürzten Muskel, dann lässt es sich nicht so leicht abmachen, wie gross die Kraft ist, womit die Elasticität der Zusammenziehung entgegenwirkt. Wenn wir aber bedenken, dass bei dieser Umgestaltung des Muskels die Sarkolemmarröhren und Muskelscheiden der Quere nach erweitert, die Querwände gedehnt und übrige feste Gebilde wenigstens theilweise in den Formwechsel eingezogen werden müssen, so wird es uns wohl nicht unwahrscheinlich vorkommen, die fragliche Kraft für von derselben Ordnung zu halten und nach ähnlichem Gesetze wachsen zu lassen, als die Dehnungselasticität.

Die andere physikalische Kraft, welche die Länge des Muskels bestimmt, die Reibung zwischen den Gewebeelementen, ist hauptsächlich wirksam bei jedem Formwechsel — und mit um so grösserer Intensität je schneller die Formänderung vor sich geht. Durch Tetanisiren können wir aber den Einfluss der inneren Reibung auf die schliessliche Gestalt des Muskels grösstentheils umgehen. Ihr Einfluss auf den an- und absteigenden Theil der Tetanuscurve ist dann nicht zu leugnen. Es ist auch wahrscheinlich, dass die Reibung grösser ist bei höheren Spannungen des Muskels und somit wenigstens theilweise verschuldet, dass die Tetanuscurve bei höheren Spannungen langsamer aufsteigend wird als bei kleineren Spannungen.

Da die innere Reibung nicht wesentlich auf die Tetanushöhe einwirkt, ist es ausser den äusseren Kräften, d. h. der Spannung, fast nur die Elasticität und die physiologische Contractionskraft, die diese Höhe bestimmen. Denken wir uns nun diese zwei wesentlich an verschiedene Elemente des Muskelgewebes gebunden, wozu gute Gründe nicht fehlen, so dass sie fast unabhängig von einander sind, so können wir, wenn wir den Antheil kennen, welchen die Elasticität in der Spannung bei einer gegebenen Ausdehnung hat, auch den Antheil der Contractionskraft berechnen.

So können wir z. B. aus den Versuchen Taf. VI Figg. 4 und 5 die Contractionskraft für verschiedene Längen ermitteln, indem wir die Abscissen der Maximalspannungen messen und die Abscissen für die Ablastungcurve des ruhenden Muskels bei denselben Ordinaten davon abziehen. Dies Verfahren giebt:

Taf. VI Fig. 4.

Versuchsnummer	Länge	Kontractionskraft
1	$n^1 + 17$	8
2	„ + 15	15
3	„ + 13	17.5
4	„ + 9	21
5	„ + 5	22.5
6	„ - 1	22.5

Taf. VI Fig. 5.

Versuchsnummer	Länge	Contractionskraft
2	$n^1 + 10.5$	13
3	„ + 7	31
4	„ + 4	37
5	„ - 2	34.5

Diese und dergleichen Versuche zeigen, dass die Contractionskraft des Muskels abnimmt, wenn der Muskel über seine natürliche Länge gedehnt wird, und um so schneller abnimmt,

<sup>1</sup>  $n$  bedeutet: natürliche Länge des Muskels, welche jedoch mit einer gewissen Willkür bestimmt wurde.

je mehr er gedehnt wurde. Dass die verminderte Kraft von der Ausdehnung (also von der Länge) abhängt und nicht von der Spannung, dafür spricht ein Vergleich der Arbeitscurve mit der Ablastungscurve, welche man bekommt, nachdem man den ausgespannten Muskel tetanisirt und dann belastet hat.

Das hier enthüllte Verhältniss giebt eine Stütze ab für die vielfach ausgesprochene Auffassung, dass die Contractionskraft von einer Anziehung zwischen in der Längsrichtung des Muskels orientirten Gewebstheilen abhängt, welche bei der Dehnung von einander entfernt werden und damit die Anziehung schwächen.

Die erwähnten Versuche zeigen aber auch, dass in der Nähe der natürlichen Länge die Contractionskraft mit Aenderung der Muskellänge nicht merklich geändert wird. Gerade bei dieser Länge dürfte die Contractionskraft nahehin allein (ohne Hülfe der Elasticität) die Maximalspannung bestimmen.

Lassen wir nun den Muskel sich so viel zusammenziehen, dass er kürzer wird als die natürliche Länge, dann erreicht er zwar, je mehr er sich verkürzt, desto kleinere Maximalspannungen; aber so lange wir den Antheil der elastischen Kraft an diesem Resultate nicht näher schätzen können, wird es auch nicht möglich sein, mit Sicherheit abzumachen, wenn die Contractionskraft mit der Länge in der einen oder anderen Richtung variirt oder wenn sie vielleicht sogar constant bleibt. Wenn das Letzte als das Richtige gefunden wäre, so könnte man die Querdehnungselasticitätscurve ausconstruiren, welche dann z. B. den Verlauf der punctirten Curven, Taf. VI Figg. 4 und 5, zeigen sollte. Die allgemeine Form dieser Curven ist den Dehnungscurven für denselben Muskel so nahe analog, dass man wahrhaftig von hier aus nicht verleitet werden kann, die für sich unwahrscheinliche Annahme, dass die Contractionskraft innerhalb des besagten Gebietes von der Länge unabhängig sein sollte, zu verwerfen.

Ein beachtenswerther Umstand ist der folgende. Wenn der spannungslose Muskel zu maximalem Tetanus sich zusammengezogen hat, muss die Querdehnungselasticität die Contractionskraft gerade aufwiegen. Ist nun eine jede dieser im Muskel gegen einander wirkenden Kräfte gleich der Contractionskraft des Muskels bei der natürlichen Länge, so könnte man erwarten, dass der Muskel auch ebenso hart anzufühlen sein sollte, wie wenn die Contractionskraft gegen eine äussere Kraft zu kämpfen hätte, welche die Verkürzung nicht gestattete. Dies ist offenbar nicht der Fall. Die Härte des Muskels scheint von der durch die Belastung hervorgerufenen Längsspannung abzuhängen, womit jedoch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die bei der Verkürzung und

Verdickung des Muskels eintretende Erweiterung der röhrenförmigen Gebilde eine bedeutende Kraft fordert und mit einer bedeutenden Spannung der Röhrenwände im Umkreis verbunden sein kann.

Vielmehr spricht es mir doch an, von dem Standpunkte der neuesten anatomischen Untersuchungen Kölliker's<sup>1</sup> und Retzius's<sup>2</sup> ausgehend, die Muskelcontraction so aufzufassen, dass kleine Protoplasmastäbchen (Engelmann's Inotagmen) in der Längsrichtung des Muskelfibrilles orientirt und in Querbänder geordnet, bei Reizung eine kürzere z. B. kugelige Form anstreben und zwar mit einer Kraft, welche um so grösser ist, je weniger sie von dieser Form abweichen. Wir nehmen weiter an, dass die Inotagmen bei Dehnung des ruhenden Muskels auch gedehnt werden. Wenn man den gedehnten Muskel reizt, verkürzen sich die Inotagmen und erweitern die Muskelröhre. Dabei wächst nun der Druck auf die Inotagmen. Gleichzeitig wächst auch mit der Verkürzung die Kraft der Inotagmen. Nimmt der Druck schneller zu als die verkürzende Kraft der Inotagmen, so wird die Formveränderung des Muskels allmählich eine Grenze erreichen. Wächst diese Kraft aber schneller, dann werden die Inotagmen ihre kürzeste Form annehmen. Spätere und secundäre Umgestaltungen des Muskels (nachdem die Inotagmen ihre Grenzform angenommen haben) sind von der an die festen Gewebelemente angeknüpften elastischen Kraft abhängig.

Also, wenn ein freier (ungespannter) Muskel gereizt wird, nehmen die Inotagmen ihre kürzeste Form an und spannen die Sarkolemmröhre in der Quere aus. Spannt man nun diesen Muskel, dann werden dieselben Gewebelemente gedehnt, deren Elasticität bei Dehnung des Muskels im ruhenden Zustande in Anspruch genommen wird. Diese Gewebelemente sind aber nunmehr nicht gerade in demselben Zustande, weil die röhrenförmigen Theile der Quere nach gedehnt worden sind. Der kleine Unterschied in der Form der Dehnungscourven des ruhenden und des arbeitenden Muskels wird damit zur Genüge erklärt. Wir können somit auch verstehen, warum der gereizte Muskel bei ungefähr derselben Spannung wie der ruhende abgerissen wird und dies sogar ehe er bis zu seiner natürlichen Länge ausgedehnt wurde.

Wird der Muskel bei kleiner Belastung gereizt, so nehmen die Inotagmen jetzt auch die kurze Form an und der Muskel zieht sich zusammen, freilich nicht gerade bis zu derselben Länge, als wenn die Belastung nach dem Reiz angebracht worden wäre. Der Unterschied kann ohne Bedenken der secundären Elasticität, d. h. der inneren Reibung zugeschrieben werden.

<sup>1</sup> Kölliker: *Handb. d. Gewebelehre d. Menschen*. 6. Auflage. S. 370.

<sup>2</sup> Retzius: *Biol. Unters.* Neue Folge I. S. 88.

In dem von einer Belastung gedehnten Muskel wird die Last von der Elasticität der festen Gewebelemente balancirt. Addirt sich nun zu dieser Elasticität eine neue Kraft, welche gross genug ist um die innere Reibung zu überwinden; so wird der Muskel sich verkürzen, die Last heben. Das geschieht bei der Reizung und zwar durch die Kraft der Inotagmen. Diese übernehmen dabei wohl einen Theil des Druckes der Belastung und entlasten nun eben so viel die elastischen Gewebelemente. Indem die Inotagmen und der Muskel sich zusammenziehen, nimmt der Druck auf die Inotagmen zu. Gleichzeitig wächst ja auch die Contractionskraft der Inotagmen, und wenn die letztere Kraft schneller ansteigt, dann nehmen die Inotagmen ihre kürzeste Form an. Dies scheint vorzukommen, so oft die Belastung nicht grösser ist, als dass der Muskel sich nahe zu der natürlichen Länge zu verkürzen im Stande ist. Damit der Muskel sich noch mehr zusammenziehen soll, ist eine weitere Formveränderung der Inotagmen nicht nöthig, sondern eine Ablastung des Muskels, und die Zusammenziehung ist von den elastischen Kräften des Muskels bedingt. Darum sind die Ablastungscurven des arbeitenden und des ruhenden Muskels so übereinstimmend, wie auch die Belastungscurven der Hauptsache nach parallel verlaufen. Der kleine Unterschied, welcher sich hier zeigt, ist leicht zu erklären aus der Querspannung der elastischen Röhre, welche von der Erweiterung der Inotagmen in dieser Richtung hervorgeht, wie wir schon bemerkt haben. Der Unterschied des Verlaufs der Arbeitscurve und der Ablastungscurve, welche man nach vorhergehender Reizung im freien Zustande des Muskels und nachfolgender Belastung und Entlastung bekommt, findet hiermit seine volle und einfache Erklärung. Es ist bedeutend mehr Arbeit nöthig, einen zusammengezogenen Inotagmen zu dehnen, als ein in der Ruhe gedehnter Inotagmus bei der Reizung zu liefern im Stande ist.

Diese Theorie erklärt auch ganz einfach, warum die Müdigkeit früher und stärker die Hubhöhen bei grösseren Belastungen als bei kleineren herabsetzt. Die Müdigkeit afficirt natürlich nur die Inotagmen und schwächt ihre Contractionskraft, setzt also die Maximalspannung herab, bei welcher sie ihre kürzeste Form einnehmen können. Bei Spannungen über dieses Maximum wird die Hubhöhe beschränkt, bei kleineren Spannungen bleibt die Contractionshöhe unberührt.

Ob auch alle anderen in Zusammenhang mit der Contraction stehenden Erscheinungen sich in Uebereinstimmung mit der hier vorgebrachten Auffassung bringen lassen, will ich vorläufig dahingestellt sein lassen. Wahrscheinlich muss sie, wenn auch in der Hauptsache zutreffend, mit einem oder einigen Zusätzen ergänzt werden. So dürfte

z. B. die eigene Elasticität der Inotagmen (ob gross oder klein) mit in Rechnung gezogen werden müssen, da dieselbe nicht nur auf die Form der Inotagmen, sondern auch auf die Gestalt des ganzen Muskels Einfluss ausübt. Secundäre elastische Eigenschaften der Inotagmen, wenn vorhanden und aufzeigbar, könnten möglicherweise zum Erklären der Contractur verwerthet werden (?). Weiter hat die Temperatur ohne Zweifel Einfluss sowohl auf die Grösse der inneren Reibung, wie auf die Gestaltveränderung der Inotagmen. Ob diese Verhältnisse die beobachteten Ungleichheiten in der Höhe der Contraction bei ungleichen Temperaturen auch zu erklären genügen, oder ob noch andere Momente hinzukommen, kann vorläufig wohl nicht erschlossen werden. Der hierauf bezügliche Einfluss der Temperatur ist nämlich meines Erachtens nicht erschöpfend studiert. Eine Erweiterung der Untersuchungen auf diesem Gebiete lässt mich diese Dinge zum Theil etwas anders sehen, als die heut zu Tage publicirten Arbeiten an die Hand geben.

Fraglich ist auch, ob die Inotagmen durch dauernden oder rhythmischen Reiz in stetigen Contractionszustand gebracht werden, oder nur zum Schwingen zwischen die ruhende und die arbeitende Form. Diese oscillatorischen Formwechselungen der contractilen Elemente sollten dann bei dem Tetanus durch die Elasticität der Gewebe und durch die innere Reibung ausgeglichen werden. Diese und dergleichen Hypothesen können wohl noch experimentell geprüft werden. Schwerer wird es wohl, einen Weg zu finden für solche Versuche, die uns eine Erklärung geben können, warum die Inotagmen ihre Form verändern. So weit sind wir gekommen, dass wir mit ziemlich grosser Sicherheit sagen können: es handelt sich um eine Transformation chemischer Arbeit in mechanische auf directem oder indirectem Wege. Man hat von veränderter Aggregationsform, von elektrischen, sogar von pyroelektrischen Attractionsprocessen, von Ueberführung der chemischen Energie in Wärme und dieser in mechanische Arbeit u. s. w. gesprochen. Ich kann mich nicht enthalten, auch einen Vorschlag derselben Art zu machen.

Es scheint mir der Mühe werth, daran zu denken, ob die Sache sich nicht so verhalte, dass durch den Reizimpuls ein chemischer Austausch zwischen den Inotagmen und das sie umfliessende Menstruum eingeleitet wird. *Dabei bilden sich neue chemische Combinationen an der Oberfläche der Inotagmen. Wenn nun diese neuen Verbindungen die Eigenschaft haben, die Adhäsion zwischen der Oberfläche der Inotagmen und der umgebenden Flüssigkeit zu schwächen oder zu heben, so müssten die Inotagmen der Kugelform zustreben* und zwar mit einer Kraft, welche in Anbetracht der starken Oberflächenkrümmung der kleinen Stäbe

nicht allzu klein veranschlagt werden dürfte. Wäre auch die Elasticität der Inotagmen eine (entgegenwirkende) Kraft von derselben Ordnung, wie der hier wirkende Oberflächendruck (Cohäsionskraft), leicht genug wird doch hinreichende Kraft übrig, um den hemmenden Einfluss der äusseren Kräfte zu bewältigen.

Nehmen wir weiter an, dass der an der Oberfläche der Inotagmen beim Reiz entstandene, physikalisch wirksame Stoff nur eine labile Verbindung wäre, welche die Uebergangsstufe zu festeren chemischen Combinationen bildet, so stehen wir auch in voller Harmonie mit A. Fick's Theorie des Erschlaffungsprocesses. Ein detaillirtes Auslegen meiner Hypothese und Anpassen an die verschiedenen Erscheinungen der Contraction und die vitalen Bewegungen überhaupt lasse ich bei Seite; ich will nur bemerken, dass die begleitenden thermischen und elektrischen Erscheinungen zu der Bedeutung von Nebenproducten reducirt werden.

Die vorgeschlagene Hypothese hat vor ihren Vorgängern wenigstens das voraus, dass sie die chemische Arbeit im Muskel direct und unmittelbar in mechanische Arbeit überführen lässt und zwar in verständlicher Weise. Sie gleicht ihren Vorgängern darin, dass sie ein neues Warum immer unbeantwortet lässt.

---

### Nachschrift.

Die Construction des Curvenmessers sieht man in der Fig. 6 (Taf. IV), zu welcher ich einige wenige erläuternde Bemerkungen hinzufügen will. Das Ablesungsmikroskop ist auf einem in einem Schlitten beweglichen Fusse, welcher von einer fein gearbeiteten Mikrometerschraube, auf deren Trommel wenigstens  $0.005 \text{ mm}$  sicher abgelesen werden können, befestigt. Die Axenzapfen des Registrircylinders ruhen auf Axenlagern, welche mit einer (in der Figur nicht sichtbaren) Spiralfeder gegeneinander gedrückt und festgehalten werden. Ein Drehertz zwingt den Cylinder an der Bewegung eines um die Cylinderaxe centrirten Rades, welches von einer, ihrerseits wiederum von einem conischen, mit Ablesetrommel versehenen Wechsel commandirt, unendlichen Schraube bewegt wird, Theil zu nehmen. Diese Trommel erlaubt eine Schätzung von weniger als  $0.0025 \text{ mm}$ . In geeigneter Weise angebrachte Federn reduciren die etwa von dem todten Gange herrührenden Fehler auf Grössen, welche bei umsichtigem Gebrauche des Apparats verschwindend sind.

Der in den Figg. 7 und 8 (Taf. VI) schematisch abgebildete photographische Muskelindicator, dürfte auch von ein paar erklärenden Zeilen begleitet werden. Auf dem Durchschnitte in Fig. 8 ist  $h$  ein stark beleuchtetes feines Loch,  $p$  die Objective,  $b$  ein leichter Spiegel,



o ein am die Axe o' drehbarer Obturator, welcher die Cassette k zudeckt. Der Spiegel ist mittels der Federn f auf der Axe a' des Spannungsschreibers befestigt. Das eine Ende des Muskels ist mit dem Arm S des Spannungsschreibers, das andere mit dem Hebelarm L, welcher auf der Axe a sitzt, verbunden. Diese Axe, sowie die des Spannungsschreibers, bohrt lichtdicht die Wand des Rohres R durch. Um die Axe a ist ein feiner Faden t, dessen oberes Ende zu dem Spiegel b geht, gewunden. Der Spiegel muss sich also sowohl mit der Axe a, als mit a', aber um senkrecht gegen einander stehende Axen drehen. Mit O, dessen Umdrehung die Cassette öffnet und zudeckt, ist der Reizmechanismus verbunden, sodass in demselben Momente, wo das vom Spiegel reflectirte Licht die empfindliche Platte trifft, der Muskel auch von der Reizung getroffen wird.

### Nr. 1. Nachschraumpfung. S(100--0).

$Lm = 91.62$	$Ln = 92.49$		
$L_{100} = 103.82$			
$L_0 = 95.55$	$k = ?$	$\Delta y = 8.77$	$\Delta x = ?$
" = 95.14	" = 1	" = 8.41	" + 1
" = 95.00	" = 2	" = 8.14	" + 1
" = 94.91	" = 3	" = 8.09	" + 1
" = 94.85	" = 4	" = 8.06	" + 1
" = 94.78	" = 5	" = 8.07	" + 1
" = 94.74	" = 6	" = 8.04	" + 1
" = 94.78	" = 7	" = 8.01	" + 1
" = 94.67	" = 8	" = 8.06	" + 1
" = 94.64	" = 9	" = 8.03	" + 1
" = 94.62	" = 10	" = 8.02	" + 1
" = 94.60	" = 11	" = 8.02	" + 1
" = 94.58	" = 12	" = 8.02	" + 1
" = 94.46	" = 22	" = 8.12	" + 10
" = 94.37	" = 32	" = 8.09	" + 10
" = 94.30	" = 42	" = 8.07	" + 10
" = 94.18	" = 52	" = 8.12	" + 10
" = 94.09	" = 62	" = 8.09	" + 10
" = 94.03	" = 72	" = 8.06	" + 10
" = 93.98	" = 82	" = 8.03	" + 10
" = 93.94	" = 92	" = 8.02	" + 10
" = 93.91	" = 102	" = 8.04	" + 10
" = 93.91	" = 112	" = 8.08	" + 10

$Lm$  = Horizontallage des Längenschreibers,  $Ln$  = Lage des Längenschreibers vor der ersten Belastung,  $La$  = Lage des Längenschreibers bei Belastung,  $a, k$  = corrigirte Zeit in Drittheilen einer Secunde ausgedrückt,  $\Delta y$  = Längenveränderungen des Muskels in halben Millimetern;  $\Delta x$  = entsprechende corrigirte Zeitsuwächse in Drittheilen einer Secunde.

Nr. 2. Nachdehnungscurve.  $S$  (0—100).

$L_0 = 93.91$			
$L_{100} = 102.60$	$k = ?$	$\Delta y = 8.69$	$\Delta x = ?$
" = 102.81	" + 1	" = 0.21	" = 0.98
" = 102.98	" + 2	" = 0.17	" = 0.98
" = 103.04	" + 3	" = 0.06	" = 1.00
" = 103.21	" + 13	" = 0.17	" = 9.98
" = 103.29	" + 23	" = 0.08	" = 9.99
" = 103.35	" + 33	" = 0.06	" = 10.00
" = 103.38	" + 43	" = 0.03	" = 10.01
" = 103.40	" + 53	" = 0.02	" = 10.00
" = 103.41	" + 63	" = 0.01	" = 10.00
" = 103.43	" + 73	" = 0.02	" = 10.00
" = 103.44	" + 82	" = 0.01	" = 9.00

---

$10_{100}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 3.0$
"	" = 1	" = 0.6	" = 30	" = 3.5
"	" = 2	" = 1.1	" = 40	" = 4.0
"	" = 3	" = 1.4	" = 50	" = 4.4
"	" = 4	" = 1.6	" = 100	" = 4.9
"	" = 5	" = 1.7	—	—
"	" = 10	" = 2.2	—	—

---

Nr. 3. Nachschrumpfungscurve.  $S$  (100—0).

$L_{100} = 103.44$			
$L_0 = 95.92$	$k = ?$	$\Delta y = 7.52$	$\Delta x = ?$
" = 95.55	" + 0.5	" = 0.37	" = 0.5
" = 95.44	" + 1.0	" = 0.11	" = 0.5
" = 95.30	" + 2.0	" = 0.14	" = 1.00
" = 95.22	" + 3.0	" = 0.08	" = 1.00
" = 95.16	" + 4.0	" = 0.06	" = 1.00
" = 94.87	" + 14.0	" = 0.29	" = 10.01
" = 94.76	" + 24.0	" = 0.11	" = 10.00
" = 94.67	" + 34.0	" = 0.09	" = 10.00
" = 94.60	" + 44.0	" = 0.07	" = 10.00
" = 94.56	" + 54.0	" = 0.04	" = 10.00
" = 94.51	" + 64.0	" = 0.05	" = 10.00
" = 94.43	" + 74.0	" = 0.08	" = 10.00
" = 94.26	" + 113.0	" = 0.17	" = 39.00

---

$10k_{100}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 30$	$y_{20} = 7.0$
	" = 1	" = 1.0	" = 40	" = 7.9
	" = 2	" = 1.6	" = 50	" = 8.6
	" = 3	" = 2.1	" = 100	" = 11.2
	" = 4	" = 2.4	" = 150	" = 13.8
	" = 5	" = 2.7	" = 200	" = 16.4
	" = 10	" = 3.9	—	—
	" = 20	" = 5.8	—	—

Nr. 4. Nachdehnungcurve.  $S$  (0—200).

$Lm = 91.62$			
$L_0 = 94.28$			
$L_{200} = 99.88$	$k = ?$	$\Delta y = 5.57$	$\Delta x = ?$
" = 105.78	" = 1	" = 5.95	" = 0.48
" = 106.34	" = 2	" = 0.56	" = 0.94
" = 106.56	" = 3	" = 0.22	" = 0.96
" = 106.68	" = 4	" = 0.12	" = 0.99
" = 106.77	" = 5	" = 0.09	" = 0.99
" = 106.82	" = 6	" = 0.05	" = 0.98
" = 106.88	" = 7	" = 0.06	" = 1.00
" = 107.20	" = 17	" = 0.32	" = 9.94
" = 107.83	" = 27	" = 0.13	" = 9.98
" = 107.89	" = 37	" = 0.06	" = 10.00
" = 107.44	" = 47	" = 0.05	" = 10.00
" = 107.49	" = 57	" = 0.05	" = 9.99
" = 107.56	" = 67	" = 0.07	" = 10.00
" = 107.68	" = 104	" = 0.12	" = 56.97

$20_{200}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 7.4$
	" = 1	" = 1.0	" = 30	" = 8.4
	" = 2	" = 1.7	" = 40	" = 9.2
	" = 3	" = 2.3	" = 50	" = 9.7
	" = 4	" = 2.8	" = 100	" = 11.8
	" = 5	" = 3.4	" = 150	" = 12.4
	" = 10	" = 5.3	—	—

Nr. 5. Nachschrumpfungcurve.  $S$  (200—0).

$Lm = 91.62$			
$L_{200} = 107.68$			
$L_0 = 97.10$	$k = ?$	$\Delta y = 10.58$	$\Delta x = ?$
" = 96.79	" = 1	" = 0.31	" = 1.01
" = 96.63	" = 2	" = 0.16	" = 1.01
" = 96.54	" = 3	" = 0.09	" = 1.00

Nr. 5. Nachschrumpfungscure.  $S$  (200—0). (Fortsetzung).

$Lo = 96.48$	$k = 4$	$\Delta y = 0.06$	$\Delta x = 1.01$
" = 96.42	" = 5	" = 0.06	" = 1.00
" = 96.37	" = 6	" = 0.05	" = 1.01
" = 96.32	" = 7	" = 0.05	" = 1.00
" = 96.10	" = 17	" = 0.22	" = 10.00
" = 95.96	" = 27	" = 0.14	" = 10.01
" = 95.63	" = 107	" = 0.83	" = 80.01
" = 95.63	" = 129	" = 0.00	" = 22.01

$11k_{200} \quad x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 7.3$
" = 1	" = 1.2	" = 30	" = 8.1
" = 2	" = 1.9	" = 40	" = 8.5
" = 3	" = 2.5	" = 50	" = 8.8
" = 4	" = 3.0	" = 100	" = 10.6
" = 5	" = 3.5	—	—
" = 10	" = 5.3	—	—

Nr. 6. Nachdehnungscure.  $S$  (0—500).

$Lm = 91.62$			
$Lo = 95.52$			
$L_{500} = 97.24$	$k = ?$	$\Delta y = 1.72$	$\Delta x = ?$
" = 104.87	" = 1	" = 7.63	" = ?
" = 106.42	" = 2	" = 3.55	" = 0.52
" = 111.77	" = 3	" = 3.35	" = 0.42
" = 113.13	" = 4	" = 1.36	" = 0.75
" = 113.32	" = 5	" = 0.19	" = 0.95
" = 113.49	" = 6	" = 0.17	" = 0.98
" = 113.58	" = 7	" = 0.09	" = 0.98
" = 113.64	" = 8	" = 0.06	" = 0.99
" = 113.70	" = 9	" = 0.06	" = 0.98
" = 113.76	" = 10	" = 0.06	" = 0.99
" = 113.82	" = 11	" = 0.06	" = 0.99
" = 113.85	" = 12	" = 0.03	" = 0.99
" = 114.09	" = 22	" = 0.24	" = 9.95
" = 114.25	" = 32	" = 0.16	" = 9.97
" = 114.39	" = 42	" = 0.14	" = 9.97
" = 117.85	" = ?	" = 3.46	" = ?

$2d_{500} \quad x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 7.4$
" = 1	" = 1.0	" = 30	" = 8.4
" = 2	" = 1.7	" = 40	" = 9.2
" = 3	" = 2.3	" = 80	" = 9.7
" = 4	" = 2.8	" = 100	" = 11.8
" = 5	" = 3.4	" = 150	" = 12.4
" = 10	" = 5.3	—	—

## Nr. 7. Nachschrumpfungscurve. S (500—0).

 $Lm = 91.82$  $L_{500} = 117.85$  $Lo = 102.85$ 

" = 101.97

" = 101.81

" = 101.68

" = 101.61

" = 101.54

" = 101.49

" = 101.44

" = 101.16

" = 101.01

" = 100.95

" = 100.88

" = 100.81

" = 100.77

" = 100.61

 $k = ?$ 

" = 1

" = 2

" = 3

" = 4

" = 5

" = 6

" = 7

" = 17

" = 27

" = 37

" = 47

" = 57

" = 67

" = 108

 $\Delta y = 15.50$ 

" = 0.38

" = 0.16

" = 0.13

" = 0.07

" = 0.07

" = 0.05

" = 0.05

" = 0.28

" = 0.15

" = 0.06

" = 0.12

" = 0.02

" = 0.04

" = 0.16

 $\Delta x = ?$ 

" = 1.01

" = 1.01

" = 1.01

" = 1.01

" = 1.01

" = 1.00

" = 1.00

" = 10.03

" = 10.01

" = 10.00

" = 10.01

" = 10.00

" = 10.01

" = 86.01

 $12k_{500} \quad x_0 = 0 \quad y_0 = 0.0 \quad x_{20} = 20 \quad y_{20} = 7.8 \quad x_{100} = 100 \quad y_{500} = 12.1$ 

" = 1 " = 1.2 " = 30 " = 8.8

" = 2 " = 2.0 " = 40 " = 9.5

" = 3 " = 2.7 " = 50 " = 10.2

" = 4 " = 3.1 " = 60 " = 10.6

" = 5 " = 3.6 " = 70 " = 11.0

" = 10 " = 5.5 " = 80 " = 11.3

## Nr. 8. Nachschrumpfungscurve. S (100—0).

 $Lm = 91.62$  $L_{100} = 111.50$  $Lo = 102.14$ 

" = 101.86

" = 101.75

" = 101.69

" = 101.40

" = 101.33

" = 101.27

" = 101.21

" = 101.19

 $k = ?$ 

" = 1

" = 2

" = 3

" = 13

" = 23

" = 33

" = 43

" = 53

 $\Delta y = 1.26$ 

" = 0.38

" = 0.11

" = 0.06

" = 0.29

" = 0.07

" = 0.06

" = 0.06

" = 0.02

 $\Delta x = ?$ 

" = ?

" = 1.03

" = 1.01

" = 10.05

" = 10.01

" = 10.01

" = 10.01

" = 10.01

 $18k_{100} \quad x_0 = 0.0$ 

" = 1

" = 2

" = 3

" = 4

" = 5

" = 10

 $y_0 = 0.0$ 

" = 0.6

" = 1.1

" = 1.6

" = 2.0

" = 3.0

" = 3.4

 $x_{20} = 20$ 

" = 30

" = 40

" = 50

—

—

—

 $y_{20} = 4.4$ 

" = 5.0

" = 5.5

" = 5.9

—

—

—

Nr. 9. Nachschumpfungcurve.  $S$  (?—0). $L_m = 78.68$  $L_n = 68.43$  $L? = 94.43$  $L_0 = 79.71$  $k = ?$  $\Delta y = 14.71$  $\Delta x = ?$ 

„ = 79.06

„ = 1

„ = 0.65

„ = 0.95

„ = 78.75

„ = 2

„ = 0.31

„ = 1.02

„ = 78.57

„ = 3

„ = 0.18

„ = 1.00

„ = 78.44

„ = 4

„ = 0.13

„ = 1.00

„ = 78.35

„ = 5

„ = 0.09

„ = 1.01

„ = 78.24

„ = 6

„ = 0.11

„ = 1.00

„ = 78.15

„ = 7

„ = 0.09

„ = 1.00

„ = 77.87

„ = 12

„ = 0.28

„ = 5.01

„ = 77.65

„ = 17

„ = 0.22

„ = 5.00

„ = 77.37

„ = 27

„ = 0.28

„ = 10.00

„ = 77.17

„ = 37

„ = 0.20

„ = 10.01

„ = 77.00

„ = 47

„ = 0.17

„ = 10.00

„ = 76.90

„ = 57

„ = 0.10

„ = 10.00

„ = 76.40

„ = 107

„ = 0.50

„ = 50.00

„ = 76.07

„ = 157

„ = 0.33

„ = 49.99

„ = 75.80

„ = 207

„ = 0.27

„ = 50.00

„ = 75.61

„ = 257

„ = 0.19

„ = 50.00

„ = 75.33

„ = 357

„ = 0.28

„ = 100.00

„ = 75.07

„ = 457

„ = 0.26

„ = 99.99

„ = 74.91

„ = 557

„ = 0.16

„ = 100.00

„ = 74.82

„ = 657

„ = 0.09

„ = 100.00

„ = 74.74

„ = 757

„ = 0.08

„ = 100.00

„ = 74.66

„ = 857

„ = 0.08

„ = 100.00

„ = 74.57

„ = 957

„ = 0.09

„ = 100.00

 $14 k_i x_0 = 0$  $y_0 = 0.0$  $x_{20} = 20$  $y_{20} = 14.1$ 

„ = 1

„ = 2.0

„ = 30

„ = 17.0

„ = 2

„ = 3.4

„ = 40

„ = 20.7

„ = 3

„ = 4.7

„ = 50

„ = 22.4

„ = 4

„ = 5.7

„ = 100

„ = 26.7

„ = 5

„ = 6.7

„ = 150

„ = 30.5

„ = 10

„ = 9.9

„ = 200

„ = 32.8

Nr. 10. Nachschumpfungcurve.  $S$  (?—0). $L_m = 74.14$  $L_n = 69.90$  $L_t = 84.88$  $L_0 = 79.94$  $k = ?$  $\Delta y = 14.89$  $\Delta x = ?$ 

„ = 79.40

„ = 1

„ = 0.54

„ = 1.00

„ = 79.13

„ = 2

„ = 0.27

„ = 1.00

„ = 78.98

„ = 3

„ = 0.15

„ = 1.00

$L_0 = 78.86$	$k = 4$	$\Delta y = 0.12$	$\Delta x = 1.00$
" = 78.74	" = 5	" = 0.12	" = 1.01
" = 78.65	" = 6	" = 0.09	" = 1.00
" = 78.56	" = 7	" = 0.09	" = 1.00
" = 78.30	" = 12	" = 0.26	" = 5.01
" = 78.07	" = 17	" = 0.23	" = 5.00
" = 77.81	" = 27	" = 0.26	" = 10.00
" = 77.61	" = 37	" = 0.20	" = 10.01
" = 77.48	" = 47	" = 0.13	" = 10.00
" = 76.00	" = 97	" = 1.48	" = 49.99
" = 75.51	" = 197	" = 0.49	" = 99.99
" = 74.92	" = 1000	" = 0.59	" = 802.92

---

$15k, x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 13.5$
" = 1	" = 1.7	" = 30	" = 16.7
" = 2	" = 3.0	" = 40	" = 18.5
" = 3	" = 4.1	" = 50	" = 19.8
" = 4	" = 5.1	" = 100	" = 36.7
" = 5	" = 6.0	" = 150	" = 39.7
" = 10	" = 9.6	" = 200	" = 50.6

---

Nr. 11. Nachschrumpfungscurve.  $S$  ( $P=0$ ).

$Lm = 69.70$			
$Lt = 91.05$			
$L_0 = 79.58$	$k = ?$	$\Delta y = 11.47$	$\Delta x = -$
" = 79.30	" = 1	" = 0.28	" = 0.70?
" = 79.08	" = 2	" = 0.22	" = 1.02
" = 78.94	" = 3	" = 0.14	" = 1.01
" = 78.87	" = 4	" = 0.07	" = 1.01
" = 78.81	" = 5	" = 0.06	" = 1.00
" = 78.49	" = 15	" = 0.32	" = 10.02

---

$16k, x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 7.4$
" = 1	" = 1.2	" = 30	" = 8.6
" = 2	" = 2.0	" = 40	" = 9.8
" = 3	" = 2.6	" = 50	" = 10.8
" = 4	" = 3.2	—	—
" = 5	" = 3.6	—	—
" = 10	" = 5.4	—	—

---

Nr. 12. Nachschrumpfungcurve  $S$  (?—0).

$L_m = 69.70$			
$L_t = 94.68$			
$L_0 = 79.92$	$k = ?$	$\Delta y = 14.76$	$\Delta x = -$
" = 79.71	" = 1	" = 0.21	" = 0.67?
" = 79.69	" = 2	" = 0.02	" = 1.00
" = 79.65	" = 3	" = 0.04	" = 1.00
" = 79.54	" = 7	" = 0.11	" = 1.01
" = 78.98	" = 17	" = 0.56	" = 10.05
" = 78.82	" = 27	" = 0.16	" = 10.01
" = 78.70	" = 37	" = 0.12	" = 10.01
" = 78.60	" = 47	" = 0.10	" = 10.01
" = 78.52	" = 57	" = 0.08	" = 10.00
" = 78.47	" = 67	" = 0.05	" = 10.01
" = 78.42	" = 77	" = 0.05	" = 10.00
" = 78.38	" = 87	" = 0.04	" = 10.01
" = 78.34	" = 97	" = 0.04	" = 10.01
" = 78.31	" = 107	" = 0.03	" = 10.01

Nr. 13. Nachschrumpfungcurve.  $S$  (200—0).

$L_m = 76.38$			
$L_{200} = 82.75$			
$L_0 = 80.32$	$k = ?$	$\Delta y = 2.43$	$\Delta x = -$
" = 71.92	" = 0.5	" = 8.40	" = -
" = 70.88	" = 1.0	" = 1.04	" = 0.38
" = 70.48	" = 1.5	" = 0.40	" = 0.46
" = 70.33	" = 2.0	" = 0.15	" = 0.49
" = 70.24	" = 2.5	" = 0.09	" = 0.49
" = 70.08	" = 3.5	" = 0.16	" = 0.98
" = 69.96	" = 4.5	" = 0.12	" = 0.99
" = 69.88	" = 5.5	" = 0.12	" = 0.99
" = 69.81	" = 6.5	" = 0.07	" = 0.99
" = 69.62	" = 10.5	" = 0.19	" = 3.98
" = 69.47	" = 15.5	" = 0.15	" = 4.99
" = 69.20	" = 20.5	" = 0.37	" = 4.99

 $18 k_{200}$  $\tau_0 = 0$  $y_0 = 0.0$ 

" = 1

" = 1.3

" = 2

" = 2.4

" = 3

" = 3.3

" = 4

" = 4.0

" = 5

" = 4.6

" = 10

" = 7.0

" = 20

" = 10.9



Nr. 14. Nachdehnungscurve.  $S$  (0—500).

$L_0 = 87.08$			
$L_m = 93.58$			
$L_{500} = 104.71$	$k = ?$	$\Delta y = 17.63$	$\Delta x = ?$
" = 104.79	" = 1	" = 0.09	" = 0.56?
" = 104.93	" = 2	" = 0.14	" = 0.99
" = 105.00	" = 3	" = 0.07	" = 0.99
" = 105.09	" = 4	" = 0.09	" = 0.99
" = 105.14	" = 5	" = 0.05	" = 0.99
" = 105.17	" = 6	" = 0.03	" = 1.00
" = 105.24	" = 7	" = 0.07	" = 0.99
" = 105.27	" = 8	" = 0.03	" = 1.00
" = 105.31	" = 9	" = 0.04	" = 1.00
" = 105.34	" = 10	" = 0.03	" = 0.99
" = 105.57	" = 20	" = 0.23	" = 9.98
" = 105.73	" = 30	" = 0.16	" = 9.98
" = 105.83	" = 40	" = 0.10	" = 9.99
" = 105.90	" = 50	" = 0.07	" = 10.00
" = 106.04	" = 100	" = 0.14	" = 49.98
" = 106.30	" = 150	" = 0.26	" = 49.98
" = 106.44	" = 200	" = 0.14	" = 49.98
" = 106.61	" = 300	" = 0.17	" = 99.98
" = 106.74	" = 390.38	" = 0.13	" = 90.86

$4d_{500} x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 6.4$
" = 1	" = 0.7	" = 30	" = 7.8
" = 2	" = 1.3	" = 40	" = 8.8
" = 3	" = 1.8	" = 50	" = 9.4
" = 4	" = 2.3	" = 60	" = 9.7
" = 5	" = 2.7	" = 70	" = 9.9
" = 10	" = 4.8	" = 80	" = 10.1
—	—	" = 100	" = 10.6
—	—	" = 120	" = 11.9

Nr. 15. Nachschrumpfungscurve.  $S$  (500—0).

$L_m = 93.58$			
$L_{500} = 106.74$			
$L_0 = 91.84$	$k = ?$	$\Delta y = 15.40$	$\Delta x = —$
" = 91.07	" = 0.5	" = 0.27	" = —
" = 90.86	" = 1.0	" = 0.21	" = 0.51
" = 90.68	" = 1.5	" = 0.18	" = 0.47
" = 90.55	" = 2	" = 0.13	" = 0.49
" = 90.37	" = 3	" = 0.18	" = 0.99
" = 90.24	" = 4	" = 0.13	" = 0.99
" = 90.10	" = 5	" = 0.14	" = 0.99

$L_0 = 90.06$	$k = 6$	$\Delta y = 0.04$	$\Delta x = 0.99$
" = 90.00	" = 7	" = 0.06	" = 1.00
" = 89.78	" = 12	" = 0.22	" = 4.98
" = 89.66	" = 15	" = 0.12	" = 2.99
" = 89.40	" = 25	" = 0.26	" = 9.99
" = 89.27	" = 35	" = 0.13	" = 9.99
" = 89.18	" = 50	" = 0.14	" = 14.98
" = 88.71	" = 100	" = 0.42	" = 49.97
" = 88.28	" = 200	" = 0.43	" = 99.96
" = 88.02	" = 300	" = 0.26	" = 99.98
" = 87.98	" = 350	" = 0.09	" = 49.99

$19 k_{200}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 7.8$	$x_{100} = 100$	$y_{100} = 15.1$
" = 1	" = 1.0	" = 30	" = 9.2	" = 120	" = 16.0	
" = 2	" = 1.6	" = 40	" = 10.2			
" = 3	" = 2.2	" = 50	" = 11.1			
" = 4	" = 2.6	" = 60	" = 12.1			
" = 5	" = 3.2	" = 70	" = 12.9			
" = 10	" = 5.0	" = 80	" = 13.6			

Nr. 16. Nachdehnungscurve.  $S$  (0—200). $Lm = 76.88$  $L_0 = 65.40$  $L_{200} = 80.00$ 

$k = -$	$\Delta y = 14.60$	$\Delta x = -$
" = 1	" = 1.95	" = 0.95
" = 2	" = 0.12	" = 0.99
" = 3	" = 0.04	" = 1.00
" = 4	" = 0.09	" = 1.00
" = 5	" = 0.08	" = 1.00
" = 6	" = 0.03	" = 1.00
" = 7	" = 0.03	" = 0.99
" = 12	" = 0.03	" = 5.00
" = 17	" = 0.09	" = 5.00
" = 22	" = 0.08	" = 4.99
" = 27	" = 0.05	" = 5.00
" = 32	" = 0.06	" = 4.99
" = 37	" = 0.03	" = 5.00
" = 40	" = 0.08	" = 3.00
" = 40.21	" = - 0.01	" = 0.21

$5d_{200}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 5.2$
	" = 1	" = 0.5	" = 30	" = 6.5
	" = 2	" = 1.1	" = 40	" = 7.4
	" = 3	" = 1.4	" = 50	" = 8.1
	" = 4	" = 1.7	—	—
	" = 5	" = 2.1	—	—
	" = 10	" = 3.3	—	—

Nr. 17. Nachdehnungscurve.  $S$  (0—500).

$Lm = 102.80$			
$L_{500} = 108.56$	$k = ?$	$\Delta y = ?$	$\Delta x = —$
" = 108.82	" = 1	" = 0.26	" = —
" = 108.91	" = 2	" = 0.09	" = 1.00
" = 109.05	" = 3	" = 0.14	" = 0.99
" = 109.13	" = 4	" = 0.08	" = 1.00
" = 109.17	" = 5	" = 0.04	" = 0.99
" = 109.24	" = 6	" = 0.07	" = 1.00
" = 109.27	" = 7	" = 0.03	" = 1.00
" = 109.29	" = 8	" = 0.02	" = 1.00
" = 109.32	" = 9	" = 0.03	" = 0.99
" = 109.34	" = 10	" = 0.02	" = 1.00
" = 109.51	" = 20	" = 0.17	" = 9.99
" = 109.61	" = 30	" = 0.10	" = 10.00
" = 109.72	" = 50	" = 0.11	" = 20.00
" = 109.90	" = 100	" = 0.18	" = 49.98
" = 110.10	" = 200	" = 0.20	" = 99.99
<hr/>			
$6d_{500} \quad x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 30$	$y_{20} = 4.5$
" = 1	" = 0.4	" = 40	" = 5.0
" = 2	" = 0.7	" = 50	" = 5.5
" = 3	" = 1.1	" = 60	" = 5.8
" = 4	" = 1.3	" = 70	" = 6.1
" = 5	" = 1.5	" = 80	" = 6.5
" = 10	" = 2.5	" = 100	" = 7.2
" = 20	" = 3.7	" = 120	" = 7.5

Nr. 18. Nachschrumpfungcurve.  $S$  (500—0).

$Lm = 102.80$			
$L_{500} = 110.10$			
$L_0 = 100.15$	$k = —$	$\Delta y = 9.95$	$\Delta x = —$
" = 99.35	" = 0.5	" = 0.80	" = ?
" = 99.04	" = 1.0	" = 0.31	" = 0.48
" = 98.88	" = 1.5	" = 0.16	" = 0.49
" = 98.73	" = 2	" = 0.15	" = 0.49
" = 98.57	" = 3	" = 0.16	" = 0.98
" = 98.46	" = 4	" = 0.11	" = 0.99
" = 98.38	" = 5	" = 0.08	" = 1.00
" = 98.31	" = 6	" = 0.07	" = 0.99
" = 98.24	" = 7	" = 0.07	" = 1.00
" = 98.19	" = 8	" = 0.05	" = 0.99
" = 98.17	" = 9	" = 0.02	" = 1.00
" = 98.14	" = 10	" = 0.03	" = 1.00
" = 97.85	" = 20	" = 0.29	" = 9.97
" = 97.68	" = 30	" = 0.07	" = 9.99
" = 97.48	" = 50	" = 0.30	" = 19.98
" = 97.22	" = 100	" = 0.26	" = 49.98
" = 96.96	" = 200	" = 0.26	" = 99.98

$20k_{500}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 80$	$y_{20} = 9.2$
	" = 1	" = 1.0	" = 40	" = 10.3
	" = 2	" = 1.7	" = 50	" = 11.0
	" = 3	" = 2.5	" = 60	" = 11.5
	" = 4	" = 3.0	" = 70	" = 12.1
	" = 5	" = 3.4	" = 80	" = 12.6
	" = 10	" = 5.2	" = 100	" = 13.5
	" = 20	" = 7.7	" = 120	" = 14.0

Nr. 19. Nachdehnungscurve.  $S$  (0—500). $Lm = 76.50$  $L_{500} = 82.80$ 

$k = ?$	$\Delta y = ?$	$\Delta x = —$
" = 0.5	" = 0.12	" = —
" = 1.0	" = 0.11	" = 0.5
" = 1.5	" = 0.06	" = 0.5
" = 2	" = 0.06	" = 0.49
" = 3	" = 0.05	" = 1.00
" = 4	" = 0.10	" = 1.00
" = 5	" = 0.07	" = 0.99
" = 10	" = 0.13	" = 5.00
" = 20	" = 0.16	" = 9.99
" = 30	" = 0.11	" = 10.00
" = 50	" = 0.13	" = 19.99
" = 100	" = 0.24	" = 49.98

$7d_{500}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 80$	$y_{20} = 5.0$
	" = 1	" = 0.6	" = 40	" = 5.7
	" = 2	" = 1.0	" = 50	" = 6.2
	" = 3	" = 1.3	" = 60	" = 6.6
	" = 4	" = 1.6	" = 70	" = 7.1
	" = 5	" = 1.8	" = 80	" = 7.5
	" = 10	" = 2.7	" = 100	" = 8.6
	" = 20	" = 4.1	—	—

Nr. 20. Nachschrumpfungcurve.  $S$  (500—0). $Lm = 76.57$  $L_{500} = 83.64$  $L_0 = 78.60$ 

$k = ?$	$\Delta y = 5.04$	$\Delta x = —$
" = 0.5	" = 6.10	" = —
" = 1	" = 0.69	" = 0.24
" = 1.5	" = 0.19	" = 0.48
" = 2	" = 0.18	" = 0.49
" = 3	" = 0.23	" = 0.98
" = 4	" = 0.11	" = 0.99
" = 5	" = 0.09	" = 0.99

$L_0 = 70.94$	$k = 6$	$\Delta y = 0.05$	$\Delta x = 0.99$
" = 70.89	" = 7	" = 0.05	" = 1.00
" = 70.82	" = 8	" = 0.07	" = 0.99
" = 70.78	" = 9	" = 0.04	" = 1.00
" = 70.73	" = 10	" = 0.05	" = 0.99
" = 69.80	" = 100	" = 0.93	" = 89.91

---

$21k_{500} x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{30} = 30$	$y_{30} = 8.4$
" = 1	" = 1.0	" = 40	" = 9.3
" = 2	" = 1.8	" = 50	" = 10.1
" = 3	" = 2.4	" = 100	" = 14.2
" = 4	" = 2.9	—	—
" = 5	" = 3.4	—	—
" = 10	" = 5.3	—	—
" = 20	" = 7.5	—	—

---

## Nr. 21. Nachdehnungscurve. S (0—25).

$Lm = 97.65$			
$L_0 = 88.15$			
$L_{25} = 92.45$	$k = 0.0$	$\Delta y = 4.30$	$\Delta x = —$
" = 92.69	" = 0.5	" = 0.24	" = 0.53
" = 92.91	" = 1.0	" = 0.22	" = 0.51
" = 92.98	" = 1.5	" = 0.07	" = 0.52
" = 93.00	" = 2.0	" = 0.02	" = 0.50
" = 93.06	" = 2.5	" = 0.06	" = 0.50
" = 93.12	" = 3	" = 0.06	" = 0.51
" = 93.19	" = 4	" = 0.07	" = 1.00
" = 93.22	" = 5	" = 0.03	" = 1.01
" = 93.30	" = 10	" = 0.08	" = 5.00
" = 93.40	" = 20	" = 0.11	" = 10.01
" = 93.46	" = 30	" = 0.05	" = 10.00
" = 93.51	" = 40	" = 0.05	" = 10.01
" = 93.55	" = 50	" = 0.04	" = 10.00
" = 93.61	" = 100	" = 0.06	" = 50.01

---

$8d_{25} x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{30} = 30$	$y_{30} = 3.8$
" = 1	" = 0.7	" = 40	" = 4.3
" = 2	" = 1.2	" = 50	" = 4.7
" = 3	" = 1.5	" = 100	" = 5.4
" = 4	" = 1.8	—	—
" = 5	" = 2.0	—	—
" = 10	" = 2.5	—	—
" = 20	" = 3.2	—	—

---

Nr. 22. Nachschrumpfungscurve.  $S$  (?—0).

$L_n = 63.16$

$L_m = 75.50$

$L_t^1 = 79.18$

$L_0 = 69.32$	$k = 0.0$	$\Delta y = 9.86$	$\Delta x = ?$
„ = 66.83	„ = 0.5	„ = 2.49	„ = 0.24
„ = 66.53	„ = 1	„ = 0.30	„ = 0.45
„ = 66.35	„ = 1.5	„ = 0.18	„ = 0.48
„ = 66.20	„ = 2	„ = 0.15	„ = 0.49
„ = 66.02	„ = 3	„ = 0.18	„ = 0.98
„ = 65.88	„ = 4	„ = 0.14	„ = 0.99
„ = 65.77	„ = 5	„ = 0.11	„ = 0.98
„ = 65.51	„ = 10	„ = 0.16	„ = 4.96
„ = 65.38	„ = 15	„ = 0.13	„ = 4.98
„ = 65.29	„ = 20	„ = 0.09	„ = 4.99
„ = 65.29	„ = 50?	„ = 0.00	„ = 30.00
„ = 65.24	„ = 100?	„ = 0.05	„ = 49.99

---

$22k_t$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{80} = 80$	$y_{80} = 8.8$
„	1	„ = 0.9		
„	2	„ = 1.6		
„	3	„ = 2.2		
„	4	„ = 2.6		
„	5	„ = 2.9		
„	10	„ = 4.3		
„	20	„ = 5.9		

---

Nr. 23. Nachschrumpfungscurve.  $L$  (?—0).

$L_m = 75.45$

$L_t = 76.50$

$L_0 = 67.81$	$k = 0.0$	$\Delta y = 8.69$	$\Delta x = —$
„ = 67.26	„ = 0.5	„ = 0.55	„ = 0.42
„ = 66.91	„ = 1	„ = 0.35	„ = 0.46
„ = 66.73	„ = 1.5	„ = 0.18	„ = 0.47
„ = 66.61	„ = 2	„ = 0.12	„ = 0.49
„ = 66.42	„ = 3	„ = 0.19	„ = 0.98
„ = 66.30?	„ = 4	„ = 0.12?	„ = 0.98
„ = 66.21	„ = 5	„ = 0.09	„ = 0.99
„ = 66.12	„ = 6	„ = 0.14	„ = 0.98
„ = 66.06	„ = 7	„ = 0.01	„ = 1.00
„ = 65.94	„ = 10	„ = 0.12	„ = 2.98
„ = 65.73	„ = 18	„ = 0.21	„ = 7.98

<sup>1</sup> Kurze Streckung.

23 <i>k</i> <sub>i</sub>	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$
	" = 1	" = 0.9
	" = 2	" = 1.6
	" = 3	" = 2.2
	" = 4	" = 2.7
	" = 5	" = 3.2
	" = 10	" = 4.9

Nr. 24. Nachschrumpfungcurve. *S* (25—0).

$L_n = 88.24$			
$L_m = 97.58$			
$L_{25} = 94.59$			
$L_0 = 90.41$	$k = 0.0$	$\Delta y = 4.19$	$\Delta x = -$
" = 89.89	" = 0.5	" = 0.51	" = 0.44
" = 89.59	" = 1	" = 0.30	" = 0.47
" = 89.44	" = 1.5	" = 0.15	" = 0.48
" = 89.35	" = 2	" = 0.09	" = 0.49
" = 89.22	" = 3	" = 0.13	" = 0.99
" = 89.15	" = 4	" = 0.07	" = 0.99
" = 89.07	" = 5	" = 0.08	" = 0.99
" = 89.00	" = 6	" = 0.07	" = 0.99
" = 88.88	" = 10	" = 0.14	" = 0.99
" = 88.74	" = 15	" = 0.14	" = 4.98
" = 88.66	" = 20	" = 0.08	" = 4.98
" = 88.15	" = ?	" = 0.51	" = ?

24 <i>k</i> <sub>25</sub>	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$
	" = 1	" = 1.0
	" = 2	" = 1.7
	" = 3	" = 2.3
	" = 4	" = 2.8
	" = 5	" = 3.2
	" = 10	" = 5.0
	" = 20	" = 6.8

Nr. 25. Nachschrumpfungcurve. *S* (25—0).

$L_m = 97.65$			
$L_{25} = 93.62$			
$L_0 = 90.16$	$k = 0(!)$	$\Delta y = 3.46$	$\Delta x = -$
" = 89.58	" = 0.5	" = 0.58	" = 0.44
" = 89.32	" = 1	" = 0.26	" = 0.46
" = 89.19	" = 1.5	" = 0.13	" = 0.48
" = 89.07	" = 2	" = 0.12	" = 0.49
" = 88.99	" = 2.5	" = 0.08	" = 0.49
" = 88.93	" = 3	" = 0.06	" = 0.49

$L_0 = 88.83$	$k = 4$	$\Delta y = 0.10$	$\Delta x = 0.99$
" = 88.75	" = 5	" = 0.08	" = 0.99
" = 88.70	" = 6	" = 0.05	" = 1.00
" = 88.66	" = 7	" = 0.04	" = 0.99
" = 88.56	" = 10	" = 0.10	" = 0.99
" = 88.43	" = 20	" = 0.13	" = 9.98
" = 88.36	" = 30	" = 0.07	" = 9.99
" = 88.28	" = 50	" = 0.08	" = 9.99
" = 88.29	" = 118	" = -0.01	" = 68.00

$25 k_{25} \quad x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{20} = 20$	$y_{20} = 5.2$
" = 1	" = 1.1	" = 30	" = 5.9
" = 2	" = 1.7	" = 40	" = 6.3
" = 3	" = 2.1	" = 50	" = 6.8
" = 4	" = 2.5	" = 100	" = 7.3
" = 5	" = 2.9	" = 150	" = 7.4
" = 10	" = 4.2	" = —	" = —

Nr. 26. Nachspannungscurve.  $L(n-k)$ .

$S_0 = 2.20$			
$S_i = 23.17$	$k = ?$	$\Delta y = 20.97$	$\Delta x = —$
" = 23.10	" = 1	" = 0.07	" = ?
" = 23.05	" = 2	" = 0.05	" = 0.97
" = 23.00	" = 3	" = 0.05	" = 0.97
" = 22.76	" = 10	" = 0.24	" = 10.11
" = 22.59	" = 23	" = 0.17	" = 10.08
" = 22.43	" = 33	" = 0.16	" = 10.07
" = 22.30	" = 43	" = 0.13	" = 10.06
" = 21.78	" = 93	" = 0.52	" = 50.23
" = 21.44	" = 143	" = 0.34	" = 50.10
" = 21.10	" = 193	" = 0.34	" = 50.10
" = 20.89	" = 243	" = 0.31	" = 50.18
" = 20.74	" = 293	" = 0.15	" = 50.06
" = 20.64	" = 343	" = 0.16	" = 50.04
" = 20.42	" = 443	" = 0.22	" = 100.09
" = 20.28	" = 543	" = 0.14	" = 100.06
" = 20.20	" = 643	" = 0.08	" = 100.03
" = 20.11	" = 743	" = 0.10	" = 100.04
" = 19.23	" = 1000	" = 0.87	" = 257.86
" = 19.11	" = 2000	" = 0.12	" = 1000.03



26 $S_{kl}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{30} = 30$	$y_{30} = 15.9$
	" = 1	" = 1.0	" = 40	" = 18.9
	" = 2	" = 1.9	" = 50	" = 21.3
	" = 3	" = 2.6	" = 100	" = 29.1
	" = 4	" = 3.4	" = 150	" = 32.1
	" = 5	" = 4.2	" = 200	" = 37.2?
	" = 10	" = 7.6	—	—
	" = 20	" = 12.4	—	—

---

Nr. 27. Nachspannungscurve.  $L(n-k)$ .

$S_0 = 3.00$			
$S_{kl} = 24.00$	$k = ?$	$\Delta y = 21$	$\Delta x = —$
" = 23.77	" = 5	" = 0.23	" = —
" = 23.66	" = 10	" = 0.11	" = 5.04
" = 23.57	" = 15	" = 0.09	" = 5.04
" = 23.50	" = 20	" = 0.07	" = 4.92
" = 23.35	" = 30	" = 0.15	" = 10.18
" = 23.22	" = 40	" = 0.13	" = 9.98
" = 23.02	" = 53	" = 0.20	" = 13.17
" = 22.82	" = 83	" = 0.20	" = 30.09
" = 22.62	" = 108	" = 0.11	" = 25.09
" = 22.52	" = 114	" = 0.10	" = 6.02
$S_{kl} = 22.40$	$k = 144$	$\Delta y = 0.12$	$\Delta x = 30.07$
" = 22.30	" = 168	" = 0.10	" = 24.05
" = 22.10	" = 183	" = 0.20	" = 15.09
" = 22.00	" = 205	" = 0.10	" = 22.04
" = 21.80	" = 245	" = 0.20	" = 40.08
" = 21.60	" = 296	" = 0.20	" = 51.08
" = 20.20	" = 1000	" = 1.40	" = 704.63

---

27 $S_{kl}$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{30} = 30$	$y_{30} = 15.0$
	" = 1	" = 0.9	" = 40	" = 18.1
	" = 2	" = 1.8	" = 50	" = 21.1
	" = 3	" = 2.6	" = 100	" = 31.8
	" = 4	" = 3.3	" = 150	" = 37.5
	" = 5	" = 4.1	" = 200	" = 39.5
	" = 10	" = 7.2	—	—
	" = 20	" = 11.5	—	—

Nr. 28. Nachspannungscurve.  $L(n - kl)$ .

$S_0 = -0.48$			
$S_M = +5.63$	$k = ?$	$\Delta y = 6.11$	$\Delta x = -$
„ $= +5.41$	„ $= 1$	„ $= 0.22$	„ $= ?$
„ $= +5.29$	„ $= 2$	„ $= 0.12$	„ $= 1.01$
„ $= +5.20$	„ $= 3$	„ $= 0.09$	„ $= 1.01$
„ $= +5.15$	„ $= 4$	„ $= 0.05$	„ $= 1.01$
„ $= +5.11$	„ $= 5$	„ $= 0.04$	„ $= 1.01$
„ $= +4.93$	„ $= 15$	„ $= 0.18$	„ $= 10.02$
„ $= +4.83$	„ $= 25$	„ $= 0.10$	„ $= 10.02$
„ $= +4.80$	„ $= 35$	„ $= 0.03$	„ $= 10.00$
„ $= +4.76$	„ $= 45$	„ $= 0.04$	„ $= 10.01$
„ $= +4.72$	„ $= 55$	„ $= 0.04$	„ $= 10.00$
„ $= +4.58$	„ $= 65$	„ $= 0.14$	„ $= 10.02$
„ $= +4.55$	„ $= 75$	„ $= 0.03$	„ $= 10.01$
„ $= +4.58$	„ $= 78$	„ $= 0.02$	„ $= 3.00$

28 $S_M$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$
„	„ $= 1$	„ $= 1.8$
„	„ $= 2$	„ $= 2.0$
„	„ $= 3$	„ $= 2.7$
„	„ $= 4$	„ $= 3.3$
„	„ $= 5$	„ $= 3.8$
„	„ $= 10$	„ $= 5.5$
„	„ $= 20$	„ $= 7.5$

Nr. 29. Nachspannungscurve.  $L(n - kl)$ .

$S_0 = -0.3$			
$S_M = +12.39$	$k = ?$	$\Delta y = 12.69$	$\Delta x = -$
„ $= +12.27$	„ $= 1$	„ $= 0.12$	„ $= ?$
„ $= +12.19$	„ $= 2$	„ $= 0.08$	„ $= 1.02$
„ $= +12.13$	„ $= 3$	„ $= 0.06$	„ $= 1.02$
„ $= +12.09$	„ $= 4$	„ $= 0.04$	„ $= 1.01$
„ $= +11.83$	„ $= 14$	„ $= 0.26$	„ $= 10.06$
„ $= +11.66$	„ $= 24$	„ $= 0.17$	„ $= 10.06$
„ $= +11.55$	„ $= 34$	„ $= 0.11$	„ $= 10.03$
„ $= +11.48$	„ $= 44$	„ $= 0.07$	„ $= 10.01$
„ $= +11.41$	„ $= 53$	„ $= 0.07$	„ $= 9.02$
„ $= +10.94$	„ $= ?$	„ $= 0.37$	„ $= ?$

29 $S_M$	$x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$
„	„ $= 1$	„ $= 2.3$
„	„ $= 2$	„ $= 3.6$
„	„ $= 3$	„ $= 4.5$
„	„ $= 4$	„ $= 5.3$
„	„ $= 5$	„ $= 5.8$
„	„ $= 10$	„ $= 8.3$

Nr. 30. Nachspannungscurve.  $L(n - kl_{500})$ .

$S_0 = 17.80$			
$S_{kl500} = 33.02$	}	$k = ?$	$\Delta y = 15.72$
$" = 33.08$		$" = 1$	$" = + 0.06$
$" = 33.13$	}	$" = 3$	$" = + 0.05$
$" = 32.85$		$" = 4$	$" = - 0.28$
$" = 32.73$		$" = 5$	$" = - 0.12$
$" = 32.61$		$" = 6$	$" = - 0.12$
$" = 32.50$		$" = 7$	$" = - 0.11$
$" = 32.41$		$" = 8$	$" = - 0.09$
$" = 32.32$		$" = 9$	$" = - 0.09$
$" = 32.24$		$" = 10$	$" = - 0.08$
$" = 32.14$		$" = 11$	$" = - 0.10$
$" = 32.02$		$" = 12$	$" = - 0.12$
$" = 32.00$		$" = 13$	$" = - 0.02$
$" = 31.96$		$" = 14$	$" = - 0.04$
$" = 31.83$		$" = 15$	$" = - 0.13$
$" = 31.67$		$" = 20$	$" = - 0.16$
$" = 31.55$		$" = 25$	$" = - 0.12$
$" = 31.42$		$" = 30$	$" = - 0.13$
$" = 31.22$		$" = 35$	$" = - 0.20$
$" = 31.10$		$" = 40$	$" = - 0.12$
$" = 31.07$		$" = 45$	$" = - 0.03$
$" = 31.03$		$" = 50$	$" = - 0.04$
$" = 30.98$		$" = 60$	$" = - 0.05$
$" = 30.92$		$" = 70$	$" = - 0.06$
$" = 30.82$		$" = 80$	$" = - 0.10$
$" = 30.76$		$" = 90$	$" = - 0.07$
$" = 30.69$		$" = 100$	$" = - 0.06$
$" = 30.48$		$" = 150$	$" = - 0.21$
$" = 30.30$		$" = 200$	$" = - 0.18$
$" = 30.08$		$" = 250$	$" = - 0.22$
$" = 30.05$		$" = 300$	$" = - 0.03$
$" = 29.88$		$" = 400$	$" = - 0.17$

---

$80 S_M \quad x_0 = 0$	$y_0 = 0.0$	$x_{30} = 20$	$y_{30} = 11.2$
$" = 1$	$" = 2.2$	$" = 30$	$" = 18.7$
$" = 2$	$" = 4.0$	$" = 40$	$" = 20.4$
$" = 3$	$" = 5.2$	$" = 50$	$" = 21.8$
$" = 4$	$" = 6.5$	$" = 100$	$" = 26.4$
$" = 5$	$" = 7.6$	—	—
$" = 10$	$" = 11.8$	—	—

---

Nr. 31. Nachspannungscurve.  $L(n - kl)$ .

$S_0 = -2.86$			
$S_{kl} = +3.47$	$k = ?$	$\Delta y = -6.33$	$\Delta x = -$
" = +2.85	" = 1	" = -0.62	" = ?
" = +3.02	" = 2	" = +0.17	" = 0.98
" = +2.95	" = 3	" = -0.07	" = 1.01
" = +2.88	" = 4	" = -0.12	" = 1.01
" = +2.75	" = 5	" = -0.08	" = 1.01
" = +2.67	" = 6	" = -0.08	" = 1.02
" = +2.62	" = 7	" = -0.05	" = 1.00
" = +2.58	" = 8	" = -0.04	" = 1.01
" = +2.54	" = 9	" = -0.04	" = 1.00
" = +2.40	" = 10	" = -0.04	" = 1.02
" = +2.38	" = 15	" = -0.12	" = 5.01
" = +2.30	" = 20	" = -0.08	" = 5.01
" = +2.24	" = 25	" = -0.06	" = 5.01
" = +2.19	" = 30	" = -0.05	" = 5.00
" = +2.15	" = 35	" = -0.04	" = 5.02
" = +2.12	" = 40	" = -0.03	" = 5.00
" = +2.07	" = 50	" = -0.05	" = 10.01
" = +1.93	" = 100	" = -0.14	" = 10.00
" = +1.73	" = 200	" = -0.20	" = 100.04
" = +1.74	" = 300	" = +0.01	" = 100.00
" = +1.76	" = 400	" = +0.02	" = 100.00
" = +1.80	" = 500	" = +0.04	" = 99.99
" = +1.58	" = 600	" = -0.22	" = 100.03
" = +1.59	" = 632	" = +0.01	" = 32.00

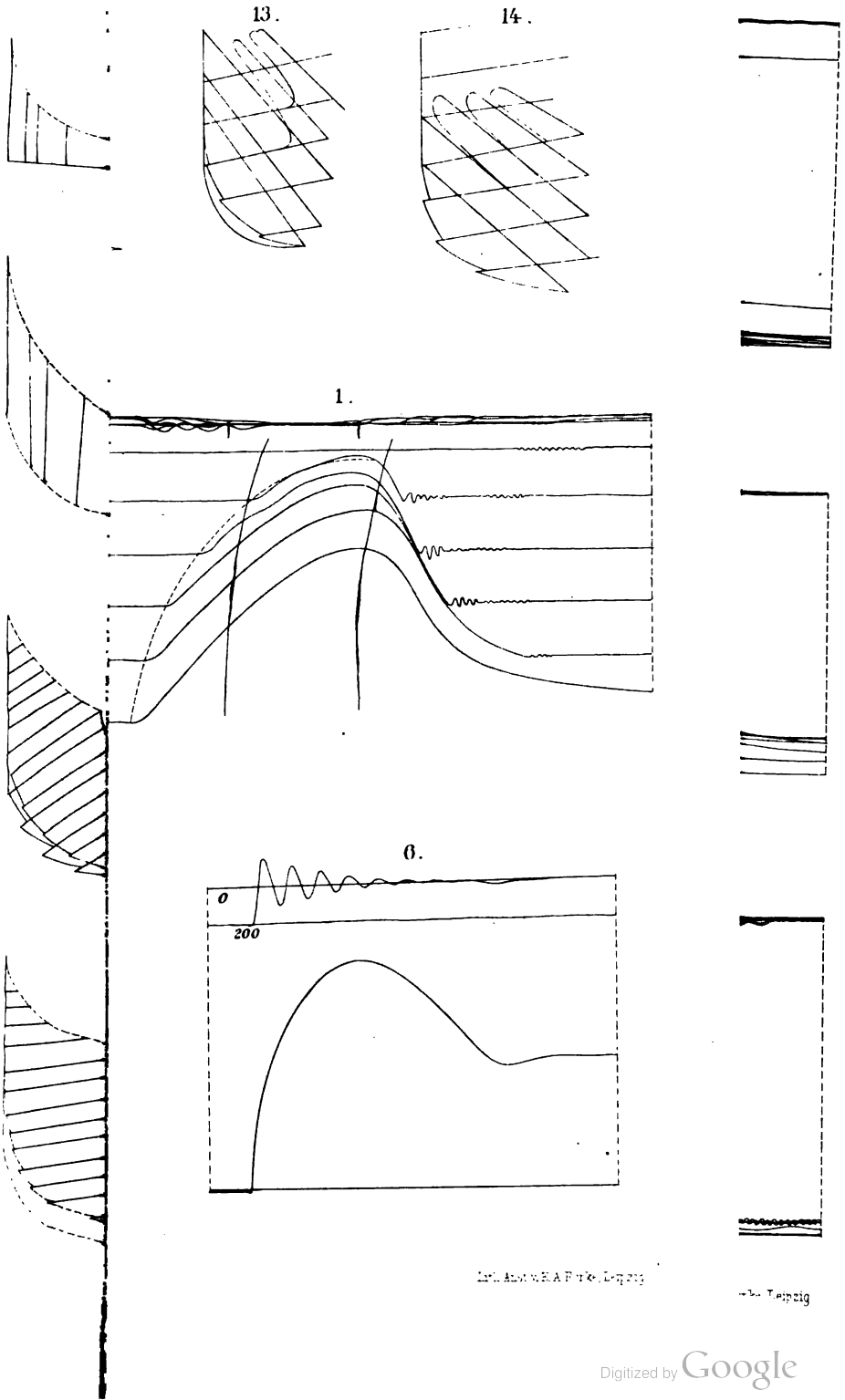
Nr. 32. Dehnungscurve. ( $S = kt$ ).

$L_m = 69.70$			
$L_0 = 72.90$	$S_0 = -0.64$	$\Delta y = -$	$\Delta x = -$
$L_1 = 74.55$	" = -0.53	" = 1.77	" = 0.11
" = 76.32	" = -0.40	" = 1.65	" = 0.13
" = 77.97	" = -0.17	" = 1.05	" = 0.23
" = 79.02	" = +0.04	" = 0.75	" = 0.21
" = 79.77	" = +0.21	" = 0.74	" = 0.17
" = 80.51	" = +0.38	" = 0.58	" = 0.17
" = 81.09	" = +0.55	" = 0.48	" = 0.17
" = 81.61	" = +0.73	" = 0.52	" = 0.18
" = 82.02	" = +0.91	" = 0.41	" = 0.18
" = 82.40	" = +1.05	" = 0.38	" = 0.14
" = 82.83	" = +1.25	" = 0.43	" = 0.20
" = 83.12	" = +1.33	" = 0.29	" = 0.08
" = 83.59	" = +1.64	" = 0.47	" = 0.31
" = 83.96	" = +1.84	" = 0.47	" = 0.20
" = 84.24	" = +2.00	" = 0.28	" = 0.16
" = 84.51	" = +2.19	" = 0.27	" = 0.19

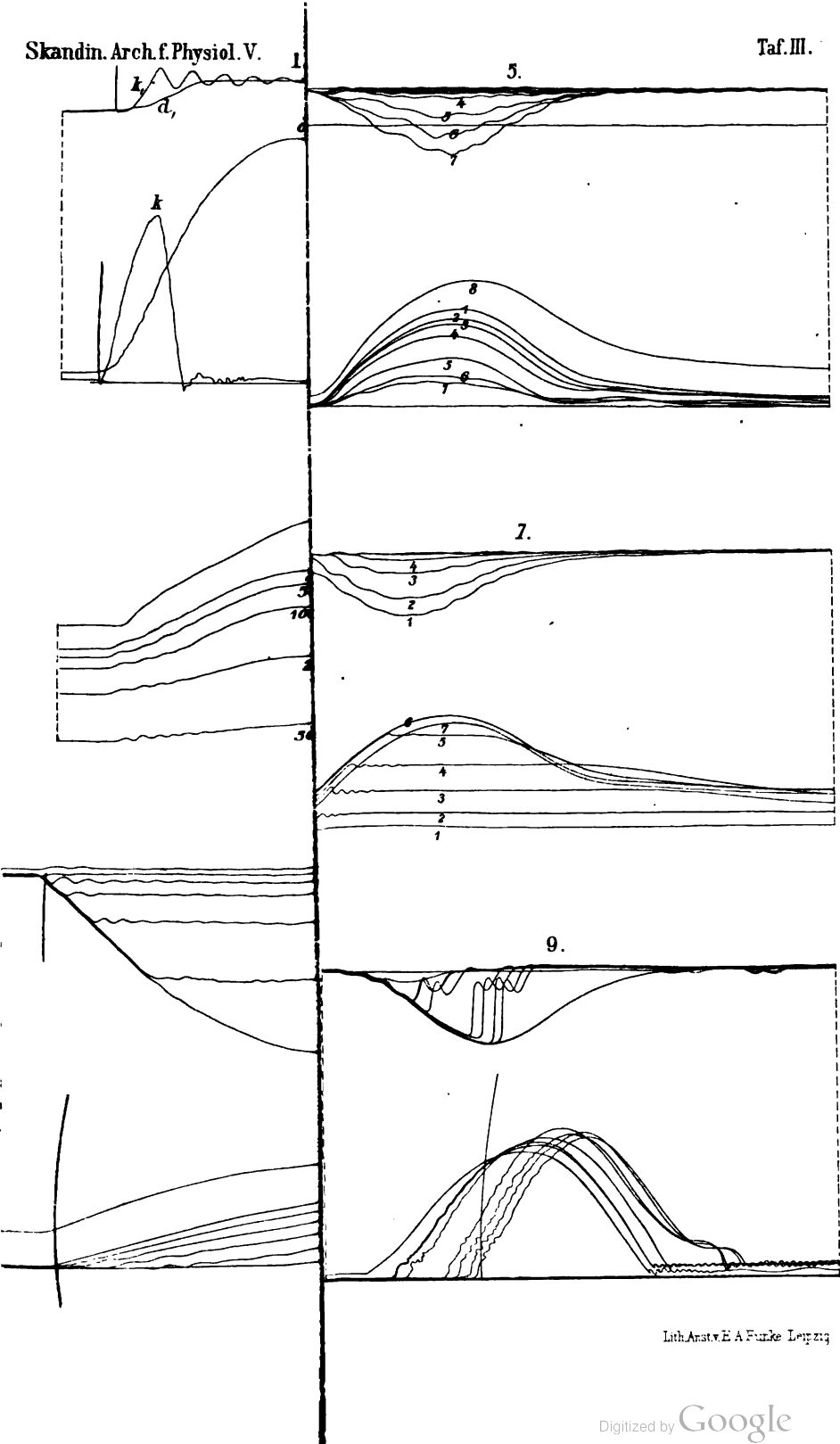
$L_1 = 84.85$	$S_0 = + 2.37$	$\Delta y = 0.34$	$\Delta x = 0.18$
„ = 85.06	„ = + 2.45	„ = 0.21	„ = 0.08
„ = 85.23	„ = + 2.67	„ = 0.17	„ = 0.22
„ = 85.50	„ = + 2.89	„ = 0.27	„ = 0.22
„ = 85.70	„ = + 3.04	„ = 0.20	„ = 0.15
„ = 85.90	„ = + 3.21	„ = 0.20	„ = 0.17
„ = 86.14	„ = + 3.37	„ = 0.24	„ = 0.14
„ = 86.30	„ = + 3.54	„ = 0.16	„ = 0.19
„ = 86.48	„ = + 3.72	„ = 0.18	„ = 0.20
„ = 86.64	„ = + 3.90	„ = 0.16	„ = 0.16
$L_{27} = 86.81$	$S_{27} = + 4.07$	„ = 0.17	„ = 0.17
„ = 86.97	„ = + 4.25	„ = 0.16	„ = 0.18
„ = 87.11	„ = + 4.42	„ = 0.14	„ = 0.17
„ = 87.23	„ = + 4.58	„ = 0.12	„ = 0.16
„ = 87.94	„ = + 5.44	„ = 0.71	„ = 0.86
„ = 88.49	„ = + 6.25	„ = 0.55	„ = 0.81
„ = 89.07	„ = + 7.05	„ = 0.58	„ = 0.80
„ = 89.62	„ = + 7.93	„ = 0.55	„ = 0.88
„ = 90.14	„ = + 8.70	„ = 0.52	„ = 0.77
„ = 90.74	„ = + 9.48	„ = 0.60	„ = 0.78
„ = 91.39	„ = + 10.27	„ = 0.65	„ = 0.79
„ = 92.80	„ = + 11.06	„ = 1.41	„ = 0.79
„ = 93.29	„ = + 11.79	„ = 0.49	„ = 0.73
„ = 93.74	„ = + 12.50	„ = 0.45	„ = 0.71
„ = 94.15	„ = + 13.20	„ = 0.41	„ = 0.70
„ = 94.61	„ = + 13.70	„ = 0.46	„ = 0.50
$L_{43} = 94.83$	$S_{43} = + 13.76$	„ = 0.22	„ = 0.06
„ = 94.87	—	„ = 0.04	—
„ = 94.95	—	„ = 0.08	—
„ = 94.85	—	„ = -0.10	—

Nr. 33. Spannungscurve. ( $L = kt$ ).

$S_0 = 2.90$	$L_0 = 69.90$	$\Delta y = —$	$\Delta x = —$
$S_1 = 3.00$	$L_1 = 70.33$	„ = 0.10	„ = 0.43
„ = 3.27	„ = 72.23	„ = 0.27	„ = 1.90
„ = 3.80	„ = 74.47	„ = 0.53	„ = 2.24
„ = 4.62	„ = 77.21	„ = 0.82	„ = 2.74
„ = 5.58	„ = 79.74	„ = 0.96	„ = 3.53
„ = 6.81	„ = 82.29	„ = 1.23	„ = 2.55
„ = 8.52	„ = 84.94	„ = 1.71	„ = 2.65
„ = 10.68	„ = 87.32	„ = 2.16	„ = 2.38
„ = 13.62	„ = 89.64	„ = 2.94	„ = 2.32
„ = 17.02	„ = 91.70	„ = 3.40	„ = 2.06
„ = 20.82	„ = 93.67	„ = 3.80	„ = 1.97
„ = 23.70	„ = 94.86	„ = 2.88	„ = 1.19

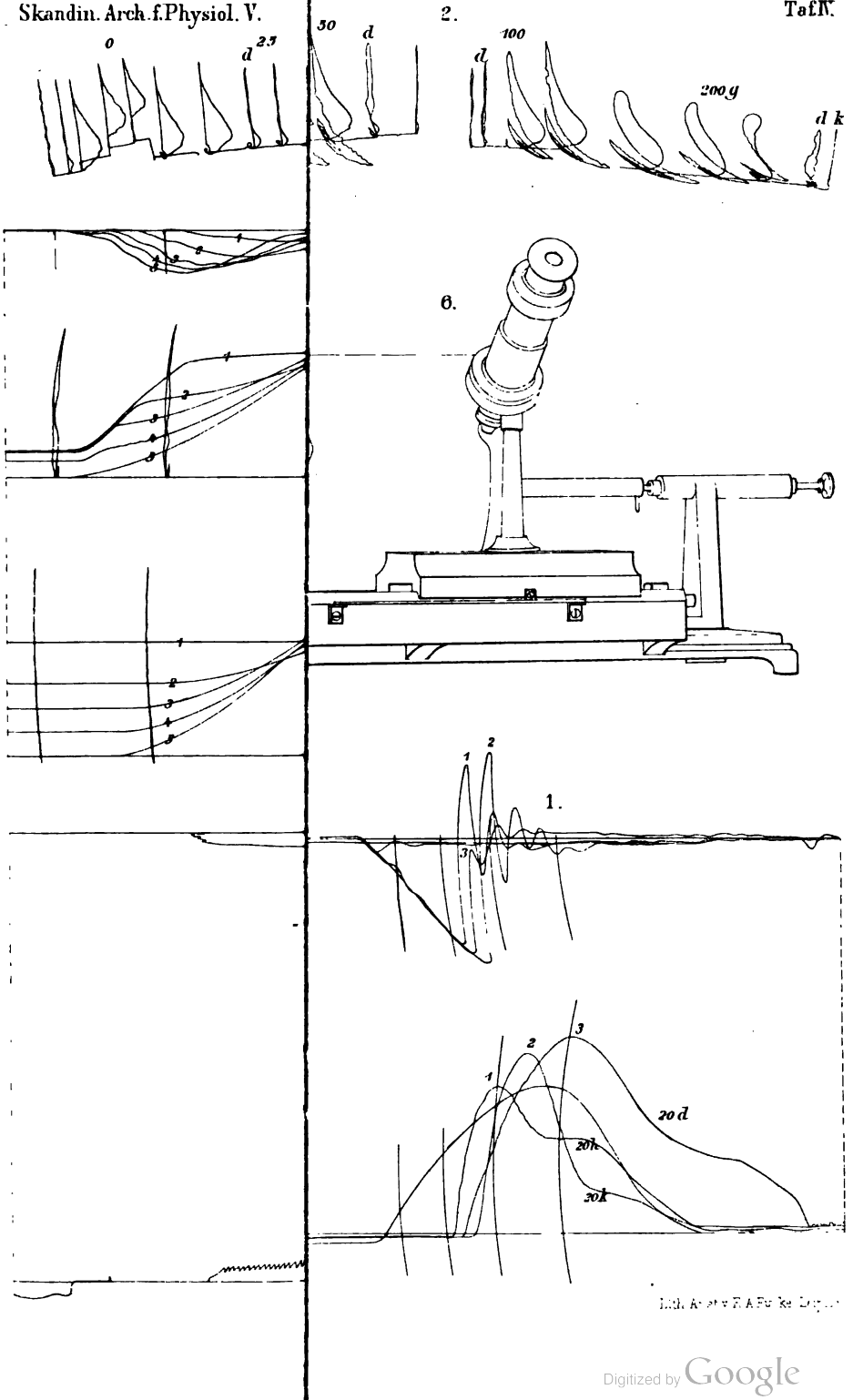




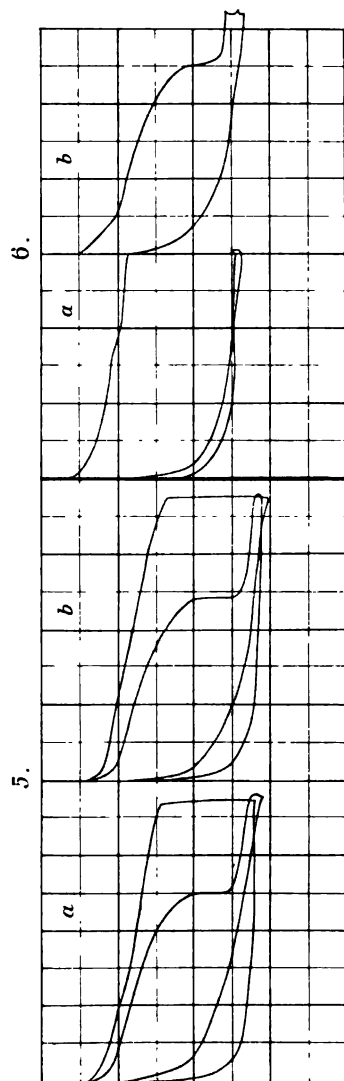
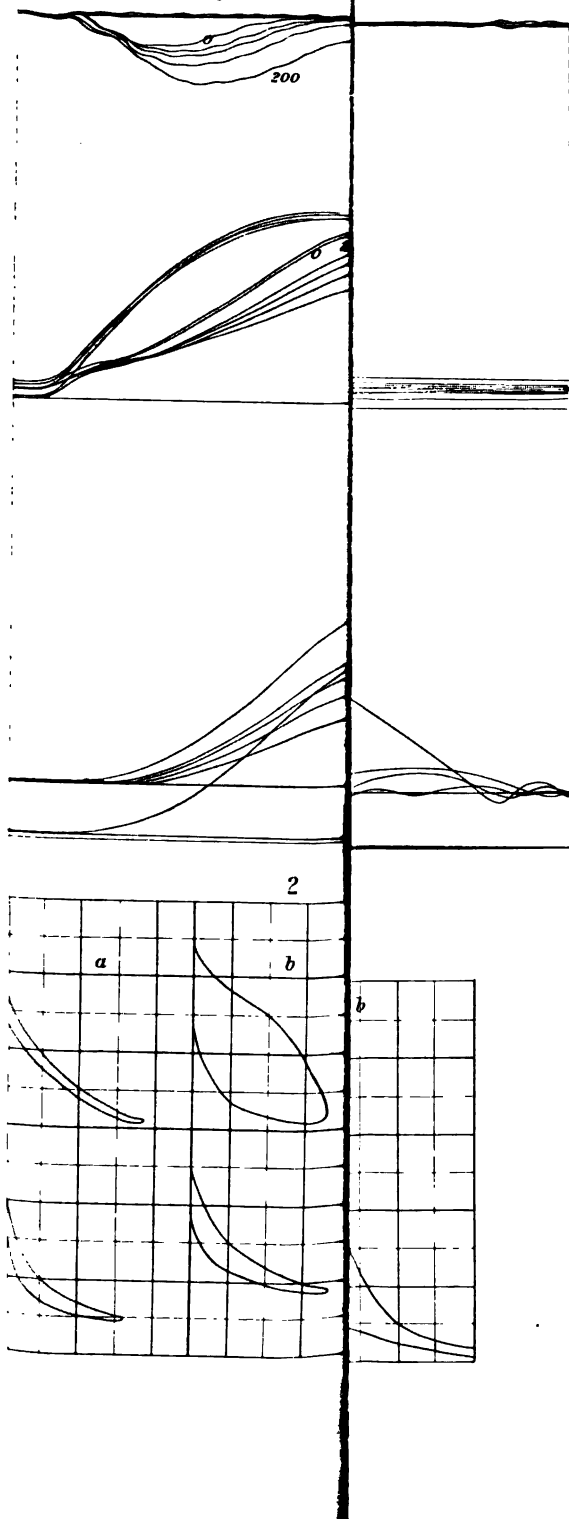




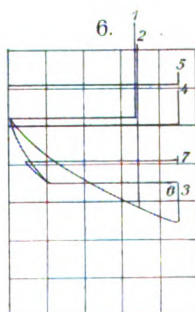
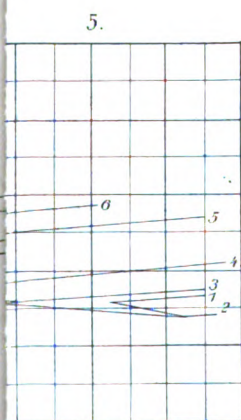
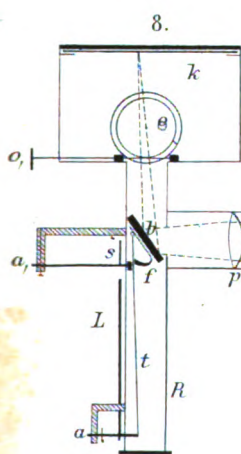
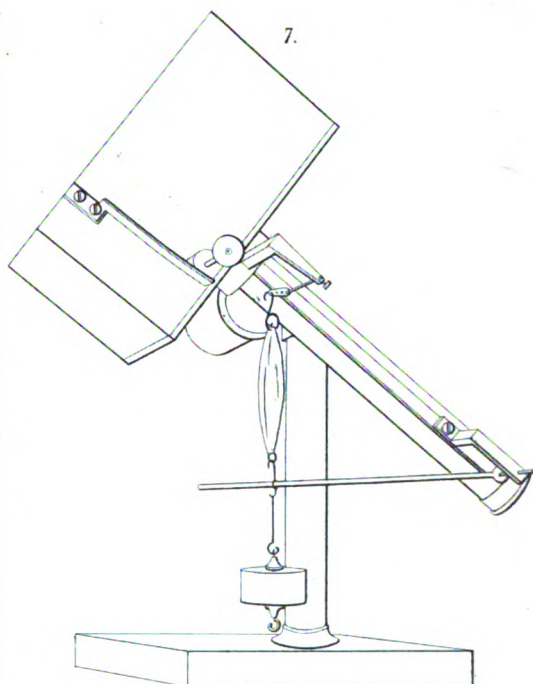
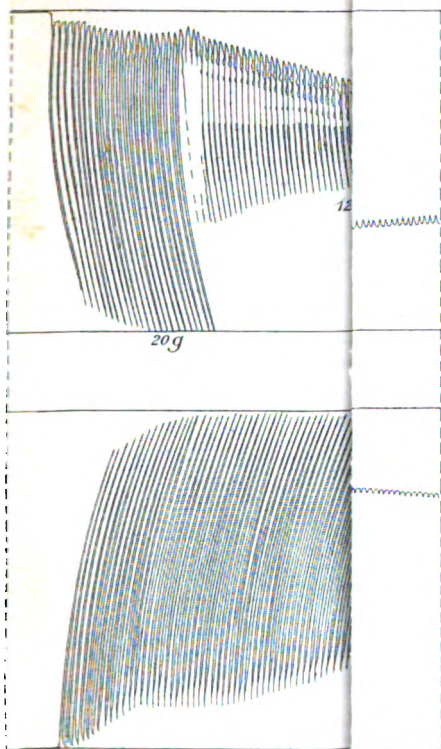












Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



# Ueber die Einwirkung einiger Wasserlösungen auf das Volumen der rothen Blutkörperchen.<sup>1</sup>

Von

Dr. S. G. Hedin.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu Lund.)

Vor mehreren Jahren hat de Vries den Einfluss verschiedener Salzlösungen auf Pflanzenzellen untersucht und zwar in der Weise, dass er die Concentration bestimmte, bei welcher die Plasmolyse eben anfang.<sup>2</sup> Wenn man nämlich Pflanzenzellen von z. B. *Tradescantia discolor* mit Lösungen desselben Salzes von verschiedenen Concentrationen übergiesst, so findet man, dass starke Salzlösungen den Zellensaft in der Weise beeinflussen, dass das lebende Protoplasma sich von der Zellwand zurückzieht, d. h. „*plasmolysirt*“ wird; schwache Salzlösungen dagegen verursachen keine Plasmolyse. Die Plasmolyse beruht darauf, dass die Salzlösung den Zellen Wasser entzieht, wodurch der Zellinhalt sich zusammenzieht, während die Zelle dagegen aus schwachen Lösungen Wasser aufnimmt. Die Lösungen, welche Plasmolyse hervorrufen, werden hyperisotonisch genannt, weil sie stärker Wasser anziehen als die Pflanzenzellen oder einen höheren osmotischen Druck haben. Die verdünnteren Lösungen, welche keine Plasmolyse verursachen, werden dagegen hypisotonisch genannt. Bei den Untersuchungen von de Vries wurde von jedem Salze die schwächste Concentration bestimmt, bei welcher Plasmolyse eintrat, und ebenso die stärkste Concentration, bei der keine Plasmolyse wahrnehmbar war. Das Mittel aus diesen beiden Werthen giebt die Concentration an, welche dasselbe wasseranziehende Vermögen oder denselben osmotischen Druck besitzt

<sup>1</sup> Der Redaktion zugegangen den 18. Juni 1894.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie.* Bd. II, S. 415 und Bd. III, S. 103.



wie die angewandten Pflanzenzellen. Diese Concentration bezeichnete de Vries als mit dem Zellsaft isotonisch. Indem de Vries von verschiedenen Salzen die Concentration bestimmte, welche mit dem Zellsaft desselben Gewebes isotonisch war, bekam er offenbar Lösungen, die auch unter sich isotonisch waren.<sup>1</sup> Um die Resultate vom Zellsaft unabhängig zu machen, verglich de Vries für jedes Salz die mit dem Zellsaft isotonische Concentration mit dem analogen Werthe für Kalisalpeter. Dadurch, dass er die so gefundenen Concentrationen durch die Molekulargewichte theilte, bekam er die Concentrationen in Molekularmengen ausgedrückt. Die reciproken Werthe der so gefundenen Zahlen wurden mit dem Namen isotonische Coëfficienten belegt; sie zeigen offenbar ohne Weiteres die relative osmotische Kraft von Lösungen derselben molekularen Concentration an. Um einfache Zahlenverhältnisse zu bekommen, setzte de Vries den isotonischen Coëfficienten des Salpeters = 3. Es zeigte sich, dass verwandte chemische Verbindungen nahezu denselben isotonischen Coëfficienten haben (siehe die Tabelle S. 224). Er findet für

Alkalisalze mit einem Atom Metall im Moleküle	den isot. Coëff.	3
„ „ zwei Atomen	„ „ „ „ „ „	4
„ „ drei „ „ „ „ „ „	„ „ „ „ „ „	5

Ausserdem folgert de Vries aus seinen Versuchen, dass organische metallfreie Verbindungen den isotonischen Coëfficienten 2 haben und weiter, dass die Salze der Erdalkalien mit einem Atom Säure im Moleküle den isotonischen Coëfficienten 2 und mit zwei Atomen den isotonischen Coëfficienten 4 haben, was alles mit seinen ersten Bestimmungen<sup>2</sup> schlecht und mit seinen letzten<sup>3</sup> gar nicht übereinstimmt. Ueberhaupt scheinen die isotonischen Coëfficienten nicht durch so einfache Zahlen ausgedrückt werden zu können, wie de Vries anfangs in Aussicht stellte.

Später hat Hamburger den Einfluss von Salzlösungen auf eine gewisse Art von animalen Zellen, nämlich die rothen Blutkörperchen

<sup>1</sup> Es stellte sich heraus, dass der Zellsaft von *Tradescantia discolor* mit einer Salpeterlösung von etwa 1,4% isotonisch war. Eine solche Lösung enthält in einem Liter so viele Gramm des Salzes, wie das Molekulargewicht ( $H = 1$ ) durch 0.14 multiplicirt angiebt; man kann also sagen, dass die molekuläre Concentration der Lösung 0.14 war. Auch bei der Untersuchung anderer Salze von einwerthigen Metallen mit einbasischen Säuren fand de Vries, dass eine mol. Concentration von etwa 0.14 mit dem Zellsaft isotonisch war.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie.* Bd. II, S. 425.

<sup>3</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie.* Bd. III, S. 109.

untersucht.<sup>1</sup> Dabei ist er so verfahren, dass er von verschiedenen Salzen die Concentration bestimmte, bei welcher die Blutkörperchen ihren Farbstoff zu verlieren anfangen. In einer ziemlich starken Salzlösung sinken nämlich die Blutkörperchen, ohne den Farbstoff zu verlieren zu Boden; in schwache Salzlösungen gebracht, geben sie aber ihren Farbstoff der Lösung ab. Den Punkt, wo dies eben zu geschehen anfängt, hat Hamburger in der Weise bestimmt, dass er die schwächste Concentration aufsuchte, bei der das Salzplasma farblos aussah und ebenso die stärkste Concentration, bei welcher das Plasma roth gefärbt war. Das Mittel aus diesen Werthen war die gesuchte Concentration. Für Kalisalpeter wurde diese Concentration zu etwa 1% oder 0.1 mol. Concentration pro Liter bestimmt. Für analoge Salze wurde etwa dieselbe mol. Concentration erhalten. Das Verhältniss zwischen den so erhaltenen Ziffern stimmt mit dem von de Vries für dieselben Salze gefundenen Verhältniss im Allgemeinen gut überein. In der Tabelle S. 222 ist für den aus Hamburger's Versuchen berechneten isotonischen Coëfficienten dieselbe Einheit wie für de Vries' Coëfficienten gewählt, also der isotonische Coëfficient für Kalisalpeter = 3 gesetzt.

Vor einigen Jahren habe ich eine Methode veröffentlicht, den relativen Gehalt des Blutes an Blutkörperchen durch Centrifugiren zu bestimmen.<sup>2</sup> Das Blut wurde mit demselben Volumen von Müller's Lösung gemischt und in graduirten Röhren bis zum constanten Volumen der Blutkörperchenschicht centrifugirt. Bei Untersuchungen, die ich später über den Einfluss verschiedener Salze auf die Blutkörperchen vorgenommen habe, bin ich auf dieselbe Weise verfahren. Defibrinirtes Rindsblut wurde also mit demselben Volumen (10 <sup>ccm</sup>) der zu untersuchenden Salzlösung vermischt, worauf ein Theil des Gemisches in Capillarröhrchen eingesaugt wurde. Die Röhrchen wurden in der Weise befestigt, dass ihre Enden gegen Kautschukplatten gedrückt wurden, worauf der Inhalt centrifugirt wurde. Bei meinen ersten Versuchen habe ich Capillarröhrchen von 35 <sup>mm</sup> Länge gebraucht; bei den jetzt zu beschreibenden Untersuchungen habe ich aber Röhrchen von der doppelten Länge angewandt, weil ich eine grössere Genauigkeit beabsichtigte. Dies bringt aber den Nachtheil mit sich, dass das Centrifugiren etwa die doppelte Zeit in Anspruch nimmt. Immer habe ich das Centrifugiren so lange fortgesetzt, bis keine Volumverminderung der Blutkörperchenschicht während einer Minute eintrat. Die Centrifuge wurde durch einen elektrischen Motor mit nahezu constanter Ge-

<sup>1</sup> Arch. f. Anat. u. Physiol. 1886. Physiol. Abth. S. 476.

<sup>2</sup> Dieses Archiv. Bd. II, S. 134 u. 360.

schwindigkeit getrieben; es wurden in der Minute 6000 Umdrehungen gemacht. Um constantes Volumen zu bekommen, habe ich um so länger centrifugiren müssen, je grösser das erhaltene Volumen gewesen ist. Immer habe ich wenigstens 20 Minuten centrifugirt; bei Blutsorten, die ein grosses Gesamtvolumen von Blutkörperchen gegeben haben, habe ich bis 27 Minuten centrifugiren müssen. Die Röhrchen sind in 200 gleiche Theile graduirt, und das abgelesene Volumen giebt demnach den Gehalt des Blutes an Blutkörperchen in Procenten an. Die Zehntel der Procente sind durch Schätzen bestimmt und können somit ein wenig fehlerhaft sein. Der Ablesungsfehler dürfte jedoch wohl nicht 0.2 Proc. übersteigen.

Ich brauche kaum zu sagen, dass diese Methode nicht das wirkliche Gesamtvolumen der Blutkörperchen angiebt, weil immer ein wenig Plasma zwischen den Blutkörperchen zurückbleibt, und ausserdem die Salzlösung auf das Volumen der Blutkörperchen Einfluss ausüben kann. Wenn die Untersuchungen aber unter den nämlichen Verhältnissen ausgeführt werden, können auch die Resultate unter sich verglichen werden. Dass man mit dieser Methode gute Resultate bekommt, habe ich schon früher für Menschenblut gezeigt.<sup>1</sup> Dabei bin ich so verfahren, dass ich bei den verschiedenen Versuchen eine kleine Menge Blut (etwa 20 <sup>cem</sup>) durch Einstich aus einem Finger herausnahm und mit demselben Volumen Liquor Mülleri vermischte, worauf centrifugirt wurde. Die Differenz der Volumen, welche bei zwei aufeinander folgenden Versuchen erhalten wurden, konnte entweder von Verschiedenheiten der beiden Blutproben oder auch von Fehlern der Methode herrühren. Da ja nicht zu entscheiden war, wie viel von dieser oder jener Ursache herrührte, nahm ich an, dass der Fehler allein an der Methode gelegen habe und berechnete unter dieser Annahme aus den Versuchen, dass der Mittelfehler unter 1 Volumprocent der Blutkörperchen lag.

Bei den jetzt zu beschreibenden Versuchen mit defibrinirtem Rindsblute habe ich natürlich grössere Volumen von Blut und Salzlösung gemischt (10 <sup>cem</sup>), wodurch der Fehler beim Abmessen nur einen sehr kleinen Einfluss ausüben kann. Ausserdem habe ich für je zwei Bestimmungen dieselbe Salzlösung und ganz dasselbe Blut gebraucht, insofern das Blut während eines kurzen Aufbewahrens keine Veränderungen erfährt. Die Differenz der Blutkörperchenvolumina bei beiden Untersuchungen dürften also nur auf Rechnung der Methode zu schreiben sein, und wir können demnach erwarten, dass der Mittelfehler sich hier als kleiner erweisen werde als bei meinen Versuchen mit Menschenblut.

---

<sup>1</sup> A. a. O.

Uebrigens wurden die Versuche unter möglichst gleichen Verhältnissen gemacht. Das Centrifugiren wurde etwa 15 Minuten nach dem Vermischen des Blutes mit der Salzlösung vorgenommen. Wenn das Mittel aus den bei je zwei Versuchen mit derselben Salzlösung und demselben Blut gefundenen Blutkörperchenvolumen als der richtige Werth angenommen wird, muss der Fehler der Bestimmung die Hälfte der Differenz der beiden Volumina ausmachen. Die verschiedenen Spalten der folgenden Tabelle geben folgende Grössen an:

die erste: chemische Formel des bei beiden Versuchen gebrauchten Salzes;

die zweite: Concentration der Salzlösung (Anzahl Gramme in 100 <sup>cem</sup> der Lösung);

die dritte und vierte: Blutkörperchenvolumina, erhalten bei zwei aufeinander folgenden Versuchen;

die fünfte: Differenz der gefundenen Volumina;

die sechste: Fehler der Bestimmung (Hälfte der Differenz).

Chem. Formel des Salzes	Concentr. der Lösung	Volum- procent beim 1. Versuch	Volum- procent beim 2. Versuch	Differenz	Fehler
KNO <sub>3</sub>	1.01	42.3	42.3	0	0
"	1.01	42.3	42.4	- 0.1	0.05
"	1.01	42.4	42.5	- 0.1	0.05
"	1.01	38.5	38.6	- 0.1	0.05
"	1.01	38.6	38.5	+ 0.1	0.05
"	1.01	38.5	38.5	0	0
"	1.01	38.5	38.5	0	0
KCl	0.745	46.3	46.8	- 0.5	0.25
"	1.2665	39.3	39.4	- 0.1	0.05
"	1.2665	39.4	39.6	- 0.2	0.1
"	1.49	37.2	37.3	- 0.1	0.05
"	2.235	33.7	33.4	+ 0.3	0.15
"	2.235	33.4	33.4	0	0
"	2.235	33.4	33.4	0	0
"	2.98	31.6	31.6	0	0
NaCl	0.585	47.3	47.2	+ 0.1	0.05
"	0.9945	39.7	39.6	+ 0.1	0.05
"	0.9945	39.6	39.7	- 0.1	0.05
"	1.17	37.4	37.6	- 0.2	0.1
"	1.755	33.4	33.2	0.2	0.1
"	1.755	33.2	33.2	0	0
"	1.755	33.2	33.4	- 0.2	0.1
KNO <sub>3</sub>	1.616	40.2	40.4	- 0.2	0.1
"	1.616	40.4	40.4	0	0
"	1.616	40.4	40.6	- 0.2	0.1
BaCl <sub>2</sub>	2.496	41.4	41.6	- 0.2	0.1
"	2.496	41.6	41.6	0	0
"	2.496	41.6	41.6	0	0
NaCl	2.84	32.4	32.4	0	0

Die Summe der Fehler ist = 1.55. Vertheilen wir diese Summe

auf alle 29 Bestimmungen, so wird ein Mittelfehler von etwa 0.05 Volumenprocent erhalten. Die Genauigkeit scheint demnach eine sehr grosse zu sein. Ausserdem scheint die Zuverlässigkeit der Methode bei Anwendung von verschiedenen Salzen und auch bei verschiedener Concentration etwa dieselbe zu sein.

Das Blut habe ich im Allgemeinen nicht länger als 48 Stunden aufbewahrt. Bisweilen habe ich beobachten können, dass sich das Blut während des Aufbewahrens ein wenig verändert und zwar in der Weise, dass mit derselben Salzlösung ein desto grösseres Volumen erhalten wird, je länger das Blut aufbewahrt gewesen ist. In der folgenden Tabelle habe ich die Fälle zusammengestellt, wo ich mit demselben Blute und derselben Salzlösung zwei Bestimmungen gemacht habe, die letzte etwa 24 Stunden nach der ersten. Die Ziffern der verschiedenen Spalten geben dieselben Grössen an, wie in der vorigen Tabelle.

Chem. Formel des Salzes	Concentr. der Lösung	Volum- procent beim 1. Versuch	Volum- procent nach etwa 24 Stunden	Differenz
KNO <sub>3</sub>	1.01	38.1	38.0	+ 0.1
"	1.01	49.3	49.3	0
"	1.01	48.4	49.3	- 0.9
"	1.01	49.3	50.4	- 1.1
"	1.01	40.4	42.3	- 1.9
"	1.01	48.1	51.3	- 3.2
"	1.01	37.7	37.8	- 0.1
"	1.01	40.3	41.8	- 1.5
"	1.01	50.5	51.3	- 0.8
"	1.06	49.8	50.4	- 0.6
"	1.313	43.7	43.6	+ 0.1
"	1.313	43.6	45.8	- 2.2
"	1.414	39.6	40.0	- 0.4
"	1.515	37.8	39.2	- 1.4
"	1.515	43.2	43.4	- 0.2
"	1.515	34.4	34.4	0
"	1.616	37.8	39.4	- 1.6
"	1.616	42.2	42.9	- 0.7
"	1.616	33.3	33.9	- 0.6
"	1.818	41.3	41.6	- 0.3
"	1.818	36.6	38.8	- 2.2
"	2.02	40.4	41.5	- 1.1
"	2.02	38.2	39.1	- 0.9
KCl	0.745	46.5	48.8	- 2.3
"	2.235	32.8	33.5	- 0.7
NaCl	0.585	47.2	48.9	- 1.7
"	1.755	33.0	33.3	- 0.3
MgSO <sub>4</sub> + 7aq	4.06	41.2	41.6	- 0.4
K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	1.76	52.2	52.3	- 0.1
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> <sup>1</sup>	6.0	49.3	52.6	- 3.3
"	12.4	37.4	37.5	- 0.1

<sup>1</sup> Rohrzucker.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, hat sich das Blutkörperchen-volumen während des Aufbewahrens des Blutes in vielen Fällen um ein Bedeutendes vermehrt. In anderen Fällen ist die Vermehrung unbedeutend und liegt innerhalb der Fehlergrenzen. In keinem Falle habe ich eine Abnahme des Volumens constatiren können.

Ob die Mischung von Blut mit Salzlösung sofort nach dem Zusammenmischen oder nach einiger Zeit centrifugirt wird, scheint auch nicht gleichgültig zu sein. In einigen Fällen habe ich nämlich beobachten können, dass das Blutkörperchenvolumen sich ein wenig vermehrt, wenn das Gemisch aufbewahrt wird. Nur ein paar Mal habe ich ein sehr kleines Abnehmen des Volumens wahrgenommen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate meiner Untersuchungen über diesen Gegenstand enthalten. In der dritten Spalte sind die Zahlen eingetragen, welche beim Centrifugiren etwa 15 Minuten nach dem Zusammenmischen erhalten wurden, und in der vierten die Werthe, welche sich etwa 24 Stunden später beim Centrifugiren derselben Mischung ergaben. Die übrigen Spalten enthalten dieselben Grössen wie in den vorigen Tabellen.

Chem. Formel des Salzes	Concentr. der Lösung	Volum- procent beim Vermischen	Volum- procent nach 24 Stunden	Differenz
$\text{NaNO}_3$	0.85	37.4	37.4	0
"	1.275	33.3	33.8	- 0.5
"	1.7	30.8	30.3	+ 0.5
$\text{NaBr} + 4\text{aq}$	1.75	37.2	37.3	- 0.1
"	2.625	32.8	32.6	+ 0.2
"	3.5	32.4	33.4	0
$\text{NaJ} + 4\text{aq}$	2.22	34.8	34.8	0
"	3.33	32.2	33.7	- 0.5
$\text{NaCl}$	0.58	38.5	38.5	0
"	0.877	34.5	34.6	- 0.1
$\text{KNO}_3$	1.01	38.0	39.1	- 1.1
"	2.02	31.1	32.7	- 1.6
"	2.626	29.5	31.2	- 1.7
"	3.03	29.4	30.7	- 1.3
$\text{KJ}$	1.66	38.0	38.8	- 0.8
"	3.32	33.0	33.2	- 0.2
"	4.98	30.4	30.8	- 0.4

### Einfluss der Concentration der Salzlösung.

Nachdem ich also die Bedingungen für die Anwendbarkeit der Methode sowie die Genauigkeit derselben angegeben habe, gehe ich jetzt zu den Untersuchungen über den Einfluss von Salzlösungen auf das Volumen der Blutkörperchen über. Dabei habe ich zunächst die Einwirkung von Lösungen desselben Salzes von verschiedener Concentration auf dasselbe Blut untersucht. Es hat sich dabei herausgestellt, dass nach Vermischen des Blutes mit einer schwachen Salzlösung ein grösseres Volumen der Blutkörperchen erhalten wird, als mit einer stärkeren Lösung desselben Salzes. So habe ich mit Kalisalpeterlösungen von verschiedenen Concentrationen folgende Resultate bekommen.

Die erste Spalte giebt die Anzahl Gramm gelöster Substanz in 100 <sup>ccm</sup> der Lösung an. Die zweite Spalte giebt die molekulare Concentration an oder wie viel von dem Molekulargewichte in Gramm in einem Liter der Lösung enthalten ist; die Ziffern dieser Spalte werden also aus den entsprechenden Ziffern der ersten Spalte erhalten, indem man mit 10 multiplicirt und durch das Molekulargewicht (101 für Kalisalpeter) dividirt. Die folgenden Spalten enthalten jede die mit demselben Blute erhaltenen Blutkörperchenvolumina.

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina							
0.808	0.08	48.6	—	—	—	—	—	—	—
0.909	0.09	—	48.6	—	—	—	—	—	—
1.01	0.1	46.3	46.1	39.2	45.1	38.1	37.8	46.4	—
1.111	0.11	—	45.7	—	—	—	—	—	—
1.212	0.12	43.1	44.8	—	—	—	—	—	—
1.313	0.13	42.5	43.6	36.2	41.3	—	—	—	—
1.414	0.14	41.5	43.6	—	—	—	—	—	41.9
1.515	0.15	40.2	43.2	35.2	39.5	32.7	34.4	—	—
1.616	0.16	39.9	43.4	—	—	—	—	—	40.2
1.717	0.17	39.7	43.6	35.1	39.2	31.8	—	—	—
1.818	0.18	39.4	43.5	—	—	32.2	—	—	39.3
2.02	0.2	39.1	42.4	34.4	38.5	31.1	32.4	38.5	—
2.222	0.22	39.2	—	—	—	30.1	—	—	38.3
2.424	0.24	38.7	—	—	—	29.8	—	—	—
2.626	0.26	38.3	—	—	—	29.5	30.2	—	—
3.03	0.3	37.2	—	31.4	36.2	29.5	—	—	—
4.04	0.4	—	—	29.6	—	—	28.3	—	—

Mit Chlornatriumlösungen von verschiedenen Concentrationen habe ich folgende Zahlen erhalten.

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina				
0.468	0.08	50.2	—	—	—	—
0.585	0.1	48.2	39.4	—	38.6	47.2
0.702	0.12	44.2	—	—	—	—
0.7605	0.13	43.2	—	—	—	—
0.819	0.14	42.2	—	41.5	35.1	—
0.8775	0.15	41.0	34.4	38.5	34.4	—
0.936	0.16	40.4	—	37.8	33.5	—
0.9945	0.17	39.6	33.0	—	32.7	39.7
1.053	0.18	39.2	32.2	36.6	—	—
1.17	0.2	38.0	31.4	35.2	31.2	37.4
1.287	0.22	37.3	30.4	—	—	—
1.404	0.24	36.8	29.8	—	—	—
1.521	0.26	36.5	28.8	—	—	—
1.755	0.3	36.8	28.0	—	—	33.3
2.34	0.4	—	—	—	—	32.4

Lösungen von Chlorkalium ergaben:

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		
0.745	0.1	45.4	46.5	38.4
0.9685	0.13	41.6	—	—
1.1175	0.15	39.9	—	34.5
1.2665	0.17	38.8	39.4	—
1.49	0.2	36.6	37.2	31.4
2.235	0.3	—	33.5	28.2
2.98	0.4	—	31.6	27.4

Natriumnitrat ergab folgende Werthe:

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchen- volumina	
0.85	0.1	45.4	39.3
0.935	0.11	43.6	—
1.105	0.13	41.5	36.2
1.275	0.15	39.6	35.2
1.447	0.17	39.2	35.2
1.7	0.2	38.2	34.5
2.55	0.3	36.2	31.4
3.4	0.4	—	29.6



## Natriumacetat (wasserfrei):

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		
1.148	0.14	40.8	—	35.2
1.230	0.15	39.9	44.5	34.3
1.312	0.16	39.1	43.5	—
1.476	0.18	37.0	42.0	—
1.558	0.19	—	40.8	—
1.64	0.2	—	40.4	31.2

## Chlorstrontium (wasserfrei):

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Blutkörperchen- volumina
1.0936	50.8
1.5311	45.0
1.75	43.4
1.9687	41.4
2.1872	40.6
2.4059	39.4

## Chlorcalcium (wasserfrei):

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Blutkörperchen- volumina
0.8336	60.4
1.153	52.5
1.3177	50.7
1.4	49.1
1.4824	47.8
1.6472	46.2

## Calciumnitrat (wasserfrei):

Gr. Salz pro 100 <sup>ccm</sup>	Blutkörperchen- volumina
1.23	39.0
1.845	34.3
2.46	32.5

Aus allen diesen Untersuchungen geht also hervor, dass das Volumen der Blutkörperchen mit steigender Concentration der Salzlösung kleiner wird. Die kleinen Abweichungen von dieser Regel, welche an einigen Stellen vorkommen, liegen innerhalb der Fehlergrenzen. Die Abnahme des Blutkörperchenvolumens scheint indessen der Zunahme der Concentration nicht einfach proportional zu sein. So finden wir, dass sich bei Kalisalpeter, Chlornatrium, Chlorkalium und Natronsalpeter das Blutkörperchenvolumen um etwa 7 Volumprocent vermindert, während die Concentration der Lösung von 0.1 bis 0.2 Gr.-Mol. pro Liter vergrößert wird. Der Zunahme der Concentration von 0.2 bis 0.3 Gr.-Mol. pro Liter entspricht eine Verminderung des Volumens um etwa

2 Vol.-Proc. und etwa dieselbe Abnahme wird gefunden, wenn die Concentration von 0.3 bis 0.4 Gr.-Mol. zunimmt. Die grössten Veränderungen des Blutkörperchenvolumens für eine bestimmte kleine Veränderung der Concentration der Salzlösung treten bei einer Concentration von etwa 0.1 Gr.-Mol. pro Liter ein.

### **Einfluss von Lösungen verschiedener Salze.**

Bei den Untersuchungen über die Einwirkung von Lösungen verschiedener Salze auf die Blutkörperchen habe ich zunächst die Concentrationen zu bestimmen versucht, welche dasselbe Volumen der Blutkörperchen geben. Hierbei habe ich alle übrigen Lösungen mit Kalisalpeterlösungen verglichen; und da sich, wie oben hervorgehoben wurde, die grössten Veränderungen des Volumens der Blutkörperchen bei einer Concentration von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter gezeigt haben, habe ich eine Salpeterlösung von dieser Concentration ( $1.01^{\circ}$  pro 100<sup>ccm</sup>) zum Vergleichen gewählt. Für jedes Blut habe ich demnach zunächst das Volumen bestimmt, welches beim Centrifugiren von gleichen Volumtheilen Blut und 1.01 proc. Salpeterlösung erhalten wird, und nachher von einer anderen Verbindung die Concentration bestimmt, welche dasselbe Volumen giebt. Natürlich habe ich dafür Sorge getragen, dass die Untersuchung der anderen Verbindung zugleich nach dem Centrifugiren der Salpetermischung vorgenommen wurde, weil sich das Blut, wie oben gezeigt wurde, während des Aufbewahrens zuweilen ein wenig verändert.

Da ich bald fand, dass Lösungen verwandter chemischer Verbindungen von derselben molekulären Concentration etwa das nämliche Volumen der Blutkörperchen geben, habe ich die gesuchte Concentration im Voraus einigermaassen berechnen können. Wo ich die richtige Concentration in der Weise nicht zugleich antraf, habe ich sie durch Intra- oder Extrapoliren berechnet. So habe ich von den folgenden chemischen Verbindungen folgende Resultate bekommen.

Natriumacetat ( $\text{NaNO}_3 = 85$ ).

Die 1.01 proc. Kalisalpeterlösung ergab . . . .	49.3 Vol.-Proc.
Natriumnitratlösung von 0.85 Proc. ergab . . .	49.4     "
"              " 0.8925     "              " . . .	48.5     "

Durch Interpoliren wird die Concentration von Natronsalpeter, welche einer Kalisalpeterlösung von 1.01 Proc. entspricht, zu 0.8547 Proc. bestimmt.

Chlorkalium ( $\text{KCl} = 74.5$ ).

Die Salpeterlösung ergab . . . . .	49.3 Vol.-Proc.
Chlorkaliumlösung von 0.745 Proc. ergab . . .	49.4 „
„ „ 0.7832 „ „ . . .	48.5 „
Die gesuchte Concentration war also = 0.7481 Proc.	

Chlornatrium ( $\text{NaCl} = 58.5$ ).

Die Salpeterlösung ergab . . . . .	49.3 Vol.-Proc.
Chlornatriumlösung von 0.585 Proc. ergab . . .	51.2 „
„ „ 0.6142 „ „ . . .	49.6 „
Durch Extrapoliren wird die gesuchte Concentration zu 0.6197 Proc. bestimmt.	

Bromkalium ( $\text{KBr} = 119$ ).

Mit der Salpeterlösung wurde erhalten . . . .	49.3 Vol.-Proc.
Mit einer Bromkaliumlösung von 1.19 Proc. wurde erhalten . . . . .	49.2 „
Mit einer Bromkaliumlösung von 1.1305 Proc. wurde erhalten . . . . .	50.4 „
Gesuchte Concentration also = 1.1851 Proc.	

Bromnatrium ( $\text{NaBr} + 4\text{aq} = 175$ ).

Die Salpeterlösung ergab . . . . .	49.3 Vol.-Proc.
Bromnatriumlösung von 1.75 Proc. ergab . . .	47.6 „
„ „ 1.6625 „ „ . . .	49.4 „
Gesuchte Concentration = 1.6674 Proc.	

Jodkalium ( $\text{KJ} = 166$ ).

Mit dem Blut No. 1 ergab die Salpeterlösung . .	37.6 Vol.-Proc.
Jodkaliumlösung von 1.66 Proc. ergab . . . .	37.6 „
Gesuchte Concentration also = 1.66 Proc.	
Mit dem Blut No. 2 ergab die Salpeterlösung . .	39.2 „
Jodkaliumlösung von 1.66 Proc. gab . . . . .	39.2 „
Gesuchte Concentration = 1.66 Proc.	
Mit einem dritten Blute ergab die Salpeterlösung.	49.3 „
Jodkaliumlösung von 1.66 Proc. gab . . . . .	49.2 „
„ „ 1.577 „ „ . . . . .	50.5 „
Gesuchte Concentration = 1.6536 Proc.	
Das Mittel aus den drei gefundenen Procentzahlen ist = 1.6512.	

Kaliumacetat (wasserfrei,  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2 = 98$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	38.5	Vol.-Proc.
Kaliumacetatlösung von 0.98 Proc. gab . . . . .	39.3	"
" " 1.078 " " . . . . .	38.5	"
Gesuchte Concentration = 1.078 Proc.		

 Natriumacetat (wasserfrei,  $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 = 82$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	38.5	Vol.-Proc.
Natriumacetatlösung von 0.82 Proc. gab . . . . .	40.0	"
" " 0.902 " " . . . . .	38.5	"
Gesuchte Concentration = 0.902.		

 Kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4 = 174$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	49.3	Vol.-Proc.
Kaliumsulfatlösung von 1.305 Proc. gab . . . . .	49.5	"
" " 1.3702 " " . . . . .	48.2	"
Gesuchte Concentration = 1.3143 Proc.		

 Natriumsulfat (wasserfrei,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	49.3	Vol.-Proc.
Natriumsulfatlösung von 1.065 Proc. gab . . . . .	49.4	"
" " 1.1182 " " . . . . .	48.1	"
Gesuchte Concentration = 1.0691 Proc.		

 Natriumphosphat (wasserfrei,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 = 142$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	50.5	Vol.-Proc.
Natriumphosphatlösung von 1.065 Proc. gab . . . . .	50.0	"
" " 1.0118 " " . . . . .	50.8	"
Gesuchte Concentration = 1.0318 Proc.		

 Kaliumtartrat (wasserfrei,  $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 = 226$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	50.4	Vol.-Proc.
Kaliumtartratlösung von 1.7625 Proc. gab . . . . .	50.0	"
" " 1.61 " " . . . . .	51.3	"
Gesuchte Concentration = 1.7156 Proc.		

 Chlorcalcium (wasserfrei,  $\text{CaCl}_2 = 111$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	42.2	Vol.-Proc.
Chlorcalciumlösung von 0.8822 Proc. gab . . . . .	42.1	"
" " 0.9189 " " . . . . .	40.9	"

Durch Extrapoliren wird die gesuchte Concentration zu 0.8791 Proc. bestimmt.

Chlorbarium (wasserfrei,  $\text{BaCl}_2 = 208$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	38.5 Vol.-Proc.
Chlorbariumlösung von 1.8 Proc. gab . . . . .	37.3 „
„ „ 1.68 „ „ . . . . .	39.3 „
Gesuchte Concentration = 1.728 Proc.	

Calciumnitrat (wasserfrei,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 164$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	43.8 Vol.-Proc.
Calciumnitrat von 1.353 Proc. gab . . . . .	43.3 „
„ „ 1.23 „ „ . . . . .	45.0 „

Durch Extrapoliren wird die gesuchte Concentration zu 1.3169 Proc. bestimmt.

Bariumnitrat ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = 261$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	42.4 Vol.-Proc.
Baryumnitratlösung von 2.349 Proc. gab . . . . .	42.4 „
„ „ 2.479 „ „ . . . . .	41.3 „
Gesuchte Concentration = 2.349 Proc.	

Strontiumnitrat ( $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 = 211.5$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	38.5 Vol.-Proc.
Strontiumnitratlösung von 1.6387 Proc. gab . . . . .	38.6 „
„ „ 1.665 „ „ . . . . .	38.1 „
Gesuchte Concentration = 1.6439 Proc.	

Magnesiumsulfat ( $\text{MgSO}_4 + 7\text{aq} = 246$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	38.5 Vol.-Proc.
Magnesiumsulfatlösung von 4.06 Proc. gab . . . . .	38.8 „
„ „ 4.195 „ „ . . . . .	38.2 „
Gesuchte Concentration = 4.1275 Proc.	

Ferrocyankalium ( $\text{K}_4\text{FeCy}_6 + 3\text{aq} = 422$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	48.4 Vol.-Proc.
Ferrocyankaliumlösung von 2.532 Proc. gab . . . . .	48.4 „
Gesuchte Concentration also = 2.532 Proc.	

Mit einem anderen Blute wurde erhalten:

Die Salpeterlösung gab . . . . .	50.4 „
Ferrocyankaliumlösung von 2.532 Proc. gab . . . . .	50.0 „
„ „ 2.4053 „ „ . . . . .	50.6 „
Gesuchte Concentration = 2.4475 Proc.	

Das Mittel aus den beiden gefundenen Procentzahlen ist = 2.4897.

Ausser den erwähnten Salzen habe ich auch einige Kohlehydrate — Rohrzucker, Milchzucker und Traubenzucker — mit dem Salpeter verglichen. Auch hier habe ich also die Concentration aufgesucht, welche dasselbe Blutkörperchenvolumen wie eine 1.01 proc. Salpeterlösung giebt.

Rohrzucker ( $C_{12}H_{22}O_{11} = 342$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	40.4 Vol.-Proc.
Rohrzuckerlösung von 6.3 Proc. gab . . . . .	40.4 "
" " 6.0 " " . . . . .	41.4 "
Gesuchte Concentration = 6.3 Proc.	
Mit einem anderen Blute gab die Salpeterlösung .	49.3 "
und die 6.3 proc. Rohrzuckerlösung . . . . .	49.2 "

Milchzucker (wasserfrei,  $C_{12}H_{22}O_{11} = 342$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	42.2 Vol.-Proc.
Milchzuckerlösung von 6.2 Proc. gab . . . . .	43.0 "
" " 6.3 " " . . . . .	42.0 "
" " 6.4 " " . . . . .	41.1 "
Gesuchte Concentration = 6.28 Proc.	

Traubenzucker (wasserfrei,  $C_6H_{12}O_6 = 180$ ).

Die Salpeterlösung gab . . . . .	40.4 Vol.-Proc.
Traubenzuckerlösung von 3.3 Proc. gab . . . . .	40.4 "
" " 3.2 " " . . . . .	41.4 "
Gesuchte Concentration = 3.3 Proc.	

Die so gefundenen Concentrationen von Lösungen verschiedener chemischer Verbindungen üben also denselben Einfluss auf das Volumen der Blutkörperchen aus. In der folgenden Tabelle sind die gefundenen Procentzahlen zusammengestellt. In die verschiedenen Spalten sind eingetragen:

- in die erste: die Namen der untersuchten Substanzen;
- in die zweite: chemische Formeln und Molekulargewichte;
- in die dritte: in oben angegebener Weise gefundene Concentrationen, welche denselben Einfluss auf die Blutkörperchenvolumina ausüben;
- in die vierte: die Procentzahlen der vorigen Spalte in Gramm-Molekülen pro Liter umgerechnet;
- in die fünfte: die reciproken Werthe der entsprechenden Zahlen der vierten Spalte, durch  $\frac{3}{10}$  multiplicirt.

Die Größen der fünften-Spalte sind demnach aus den Procentzahlen in ganz derselben Weise berechnet wie die isotonischen Coëfficienten von de Vries.

Zum Vergleiche sind in den beiden folgenden Spalten die aus den Untersuchungen von de Vries und Hamburger berechneten isotonischen Coëfficienten angegeben.

Untersuchte Verbindung	Chemische Formel und Molekulargewicht	Gramm Substanz pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Isotonische Coëfficienten nach		
				Hedin	de Vries	Hamburger
Rohrzucker . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$ = 342	6.3	0.1842	1.63	1.81	1.72
Milchzucker . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$ = 342	6.28	0.1836	1.63	—	—
Traubenzucker . . .	$C_6H_{12}O_6$ = 180	3.3	0.1833	1.63	—	—
Magnesiumsulfat . . .	$MgSO_4 + 7aq$ = 246	4.1275	0.1678	1.79	2.13	2.18
Kaliumnitrat . . .	$KNO_3$ = 101	1.01	0.1	3.00	3.00	3.00
Natriumnitrat . . .	$NaNO_3$ = 85	0.8547	0.1005	2.99	3.00	—
Chlorkalium . . .	$KCl$ = 74.5	0.7481	0.1004	2.99	3.08	—
Chlornatrium . . .	$NaCl$ = 58.5	0.6197	0.1059	2.83	3.00	3.03
Bromkalium . . .	$KBr$ = 119	1.1851	0.0995	3.02	—	3.05
Bromnatrium . . .	$NaBr + 4Aq$ = 175	0.9804	0.0953	3.15	—	3.03
Jodkalium . . .	$KJ$ = 166	1.6512	0.0995	3.00	—	3.04
Kaliumacetat . . .	$KC_2H_3O_2$ = 98	1.078	0.11	2.73	3.00	2.85
Natriumacetat . . .	$NaC_2H_3O_2$ = 82	0.902	0.11	2.73	—	—
Kaliumsulfat . . .	$K_2SO_4$ = 174	1.3143	0.0755	3.97	3.92	—
Natriumsulfat . . .	$Na_2SO_4$ = 142	1.0691	0.0753	3.98	—	—
Natriumphosphat . . .	$Na_2HPO_4$ = 142	1.0318	0.0727	4.13	3.96	—
Kaliumtartrat . . .	$K_2C_4H_4O_6$ = 226	1.7156	0.0759	3.95	3.99	—
Chlorkalcium . . .	$CaCl_2$ = 111	0.8791	0.0792	3.79	{4.33} {4.73}	4.05
Chlorbarium . . .	$BaCl_2$ = 208	1.728	0.0831	3.61	—	4.03
Calciumnitrat . . .	$Ca(NO_3)_2$ = 164	1.3169	0.0803	3.74	4.22	—
Bariumnitrat . . .	$Ba(NO_3)_2$ = 261	2.349	0.09	3.33	—	—
Strontiumnitrat . . .	$Sr(NO_3)_2$ = 211.5	1.6439	0.0777	3.86	—	—
Ferrocyankalium . . .	$K_4FeCy_6 + 3aq$ = 422	2.4897	0.059	5.08	5.26	—

Wie ersichtlich, stimmen die von mir erhaltenen isotonischen Coëfficienten für die Salze der Alkalimetalle mit den Coëfficienten von de Vries und Hamburger sehr gut überein. Die Salze der Erdalkalien dagegen haben bei meinen Versuchen überall niedrigere Werthe ergeben, als bei Bestimmungen nach anderen Methoden. Es geht somit hieraus hervor, dass wenigstens die untersuchten Alkalisalze in isotonischen Lösungen von der gebrauchten Concentration (d. h. Lö-

sungen von demselben osmotischen Drucke oder demselben wasseranziehenden Vermögen) den nämlichen Einfluss auf das Volumen der Blutkörperchen ausüben.

Wie bekannt, hat van't Hoff sowohl experimentell wie theoretisch die ausserordentlich bedeutungsvolle Verallgemeinerung des Avogadro'schen Gasgesetzes bewiesen, dass der Druck, welchen ein Gas bei einer gegebenen Temperatur besitzt, wenn eine bestimmte Anzahl von Molekülen in einem bestimmten Volumen verbreitet ist, gleich gross ist mit dem osmotischen Drucke, welcher unter denselben Umständen von der Mehrzahl der Körper ausgeübt wird, wenn sie in einer beliebigen Flüssigkeit, einerlei welcher, aufgelöst sind.<sup>1</sup> Es soll demnach eine bestimmte Anzahl von Molekülen den nämlichen Druck ausüben, gleichgültig, ob sie sich im Gaszustand oder in Lösung befinden, wenn sie nur dasselbe Volumen und dieselbe Temperatur besitzen. Für viele wässrige Lösungen hat sich dieser Satz aber nicht bestätigt. Der osmotische Druck verdünnter wässriger Lösungen hat sich als viel grösser erwiesen, als von dem genannten Gesetz gefordert wurde. Diese Ausnahmen vom van't Hoff'schen Gesetze hat Arrhenius durch die Annahme erklärt, dass in solchen wässrigen Lösungen eine Dissociation stattgefunden hat, ähnlich wie bei denjenigen Gasen, welche Ausnahmen vom Avogadro'schen Gesetze bilden.<sup>2</sup> Schon früher hatte Clausius für die Erklärung der elektrolytischen Erscheinungen angenommen, dass ein Theil der Moleküle eines Elektrolytes in seine „Ionen“ dissociirt sei.<sup>3</sup> Nach der Annahme von Arrhenius übt ein so dissociirtes Molekül denselben osmotischen Druck aus, wie seine Ionen in freiem Zustande ausüben würden. Ein Molekül, das in zwei Ionen dissociirt ist, übt also einen ebenso grossen osmotischen Druck aus, wie zwei nicht dissociirte Moleküle. Wenn man also weiss, ein wie grosser Theil der Moleküle einer Lösung dissociirt ist, kann man auch nach van't Hoff's Gesetz den osmotischen Druck der Lösung berechnen.

Bedeutet nämlich  $n$  die Anzahl der Ionen, in die das Molekül bei der Dissociation zerfällt, und  $\alpha$  den dissociirten Bruchtheil der Molekülmasse, so ist der nicht dissociirte Bruchtheil  $1 - \alpha$ , d. h. unter 100 Molekülen sind  $100\alpha$  dissociirt und haben  $100n\alpha$  Ionen geliefert,

<sup>1</sup> Nach Avogadro's Gasgesetz enthalten sämtliche Gase unter gleichen Bedingungen der Temperatur und des Druckes in der Volumeinheit die gleiche Anzahl Moleküle. van't Hoff's Arbeit findet man in der *Zeitschr. f. physik. Chemie*, Bd. I, S. 481.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie*, Bd. I, S. 631.

<sup>3</sup> *Pogg. Ann.*, CI, S. 347 (1857).



während  $100(1 - \alpha)$  Moleküle unzerlegt geblieben sind. 100 Moleküle haben also bei der Dissociation  $100n\alpha + 100(1 - \alpha) = 100[1 + (n - 1)\alpha]$  Moleküle und Ionen gebildet. Wenn also  $P_0$  den osmotischen Druck, wie es sich nach den Gasgesetzen ohne Berücksichtigung der Dissociation berechnet, und  $P$  den wirklichen Druck der Lösung bedeutet, so wird

$$\frac{P}{P_0} = \frac{100[1 + (n - 1)\alpha]}{100} = 1 + (n - 1)\alpha.$$

Bei solchen Substanzen, welche in Wasserlösung die Elektrizität nicht leiten (Nicht-Elektrolyten), geschieht keine Dissociation; nur die Ionen haben das Vermögen, die Elektrizität zu leiten. Bei Nicht-Elektrolyten ist demnach  $n = 1$  und also  $P = P_0$ . Die Elektrolyten dagegen leiten die Elektrizität, weil sie theilweise in Ionen zerfallen. Die Anzahl der Ionen ( $n$ ) ergibt sich aus der chemischen Formel der Verbindung. So zerfällt Chlorkalium (KCl) in K und Cl ( $n = 2$ ), Chlorkalium ( $\text{CaCl}_2$ ) in Ca und 2 Cl ( $n = 3$ ), Kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) in 2K und  $\text{SO}_4$  ( $n = 3$ ) u. s. w. Weil nur die Ionen die Elektrizität leiten, liegt das Leitungsvermögen für Elektrizität auch an dem Dissociationsgrad ( $\alpha$ ), so dass das molekulare Leitungsvermögen (das spezifische Leitungsvermögen, dividirt durch die molekulare Concentration) mit dem Dissociationsgrad zunimmt. Der Dissociationsgrad nimmt aber mit der Verdünnung zu und wird bei unendlicher Verdünnung = 1.  $\alpha$  für eine gewisse Concentration wird demnach erhalten, indem man das molekulare Leitungsvermögen bei dieser Concentration durch das molekulare Leitungsvermögen derselben Verbindung bei unendlicher Verdünnung dividirt. Durch Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens kann man also die Zahl  $1 + (n - 1)\alpha$  berechnen.

Aus der Formel

$$\frac{P}{P_0} = 1 + (n - 1)\alpha$$

ergibt sich, dass wenn  $P_0$  (der osmotische Druck der Lösung einer nicht dissociirbaren Verbindung oder eines Nichtleiters) = 100 gesetzt wird, der osmotische Druck eines Elektrolyten derselben molekularen Concentration durch  $100[1 + (n - 1)\alpha]$  ausgedrückt wird. Diese Zahl giebt aber auch, wie oben gezeigt wurde, die Anzahl Moleküle + Ionen an, die aus 100 Molekülen bei der Dissociation entstanden sind.

Diese Grösse kann man aber auch in anderer Weise erhalten. Nachdem nämlich de Vries zuerst den Satz ausgesprochen hatte, dass Lösungen von dem nämlichen osmotischen Drucke auch denselben Ge-

frierpunkt und dieselbe Dampfspannung haben,<sup>1</sup> hat van't Hoff diesen Satz auf theoretischem Wege streng bewiesen<sup>2</sup> und seine experimentelle Grundlage ist durch die Vergleichung der seitdem von Raoult für die Gefrierpunktserniedrigungen<sup>3</sup> und von Tamman für die Dampfspannungen<sup>4</sup> wässriger Lösungen gefundenen Werthe über allen Zweifel erhoben worden.

Die molekulare Gefrierpunktserniedrigung (d. h. die gefundene Gefrierpunktserniedrigung, getheilt durch die Anzahl Gr.-Mol. pro Liter) ist also, wo keine Dissociation stattfindet, für verschiedene Verbindungen dieselbe. Für Nichtleiter in wässriger Lösung hat man sowohl auf theoretischem als auch experimentellem Wege die molekulare Gefrierpunktserniedrigung zu 1.89 bestimmt. Einer Concentration von 1 Gr.-Mol. pro Liter entspricht also eine Gefrierpunktserniedrigung von 1.89°C. Bei Elektrolyten aber, wo Dissociation stattfindet, üben die Ionen denselben Einfluss auf die Gefrierpunktserniedrigung aus, wie die nicht dissociirten Moleküle. Wenn man die in obiger Weise berechnete mol. Gefrierpunktserniedrigung ( $t$ ) durch 1.89 theilt, bekommt man also die Anzahl Moleküle + Ionen, die bei der Dissociation aus einem Moleküle entstanden sind; wird die erhaltene Ziffer mit 100 multiplicirt, erhält man natürlich die Anzahl Moleküle + Ionen, die aus 100 Molekülen bei der Dissociation gebildet worden sind. Da aber auch der osmotische Druck, bei gleichem Volumen der Lösung der Anzahl Moleküle + Ionen proportional ist, giebt dieser Werth auch den osmotischen Druck der Lösung an, verglichen mit dem eines Nichtleiters derselben mol. Concentration.

Die aus dem elektrischen Leitungsvermögen berechnete Zahl  $100 [1 + (n - 1)\alpha]$ , und die aus deren Gefrierpunktserniedrigung gefundene Grösse  $\frac{t}{1.89} \cdot 100$  ergeben also alle beide die Anzahl Moleküle + Ionen, die bei der Dissociation aus 100 Molekülen entstanden sind, oder auch den osmotischen Druck einer Lösung, wenn der osmotische Druck einer aequimolekulären Lösung einer nicht dissociirten Verbindung = 100 gesetzt wird. Wenn die Theorie richtig ist, müssen also die auf beiden Wegen gefundenen Ziffern mit einander übereinstimmen, was auch nach der Zusammenstellung von Arrhenius<sup>5</sup> im

<sup>1</sup> *Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. XIV, S. 427.

<sup>2</sup> *Svenska Vetensk. Akad. Handl.* Bd. XXI, Nr. 17; auch *Zeitschr. f. physik. Chem.* Bd. I, S. 496.

<sup>3</sup> *Comptes rendus* 1884—1888.

<sup>4</sup> *Mém. de l'Acad. d. Sc. de St. Pétersbourg.* 7. Serie, Vol. XXXV, Nr. 9. 1887.

<sup>5</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie.* Bd. I, S. 634.

Allgemeinen der Fall ist. Mit diesen Zahlen müssen aber auch die nach den Methoden von de Vries und Hamburger gefundenen Werthe des osmotischen Druckes (die isotonischen Coëfficienten) übereinstimmen, wenn diese in der Weise umgerechnet werden, dass der osmotische Druck oder der isotonische Coëfficient für Nichtleiter = 100 gesetzt wird. Wenn aber die Volumveränderungen, welche die Blutkörperchen beim Vermischen des Blutes mit in Wasser gelösten Substanzen erfahren, nur vom osmotischen Drucke der Wasserlösung abhängen, müssen auch die von mir gefundenen Zahlen, in der nämlichen Weise umgerechnet, mit den nach den anderen Methoden gefundenen Werthen identisch sein.

In der Tabelle auf S. 228 sind die auf den erwähnten Wegen gefundenen Zahlen zusammengestellt. Zunächst werden

in der ersten Spalte die Namen der untersuchten Substanzen angegeben.

Dann kommen

in der zweiten Spalte die chemischen Formeln und Molekulargewichte, in der dritten Spalte die Concentration in Gr.-Mol. pro Liter der Lösungen, welche bei meinen Versuchen das nämliche Blutkörperchenvolumen gegeben haben,

in der vierten Spalte zwei Serien von Werthen, die von de Vries gefunden sind; in der ersten dieser Serien ist der osmotische Druck für Rohrucker, in der zweiten der für Harnstoff = 100 gesetzt. Die übrigen Zahlen sind aus den entsprechenden isotonischen Coëfficienten in der Weise berechnet, dass diese durch den isotonischen Coëfficienten für Rohrucker (1.81) oder für Harnstoff (1.70) getheilt wurden;

in der fünften Spalte Werthe, die in ganz derselben Weise aus den isotonischen Coëfficienten von Hamburger berechnet worden sind;

in der sechsten Spalte zwei Serien von Zahlen, die durch Gefrierpunktbestimmungen erhalten worden sind, also die obenerwähnte Ziffer  $\frac{t}{1.89} \cdot 100$ ; die erste Serie ist von Raoult,<sup>1</sup> die zweite von Arrhenius<sup>2</sup> ausgeführt worden;

in der siebenten Spalte drei Serien von Werthen, die aus dem elektrischen Leitvermögen erhalten worden sind, oder die oben abgeleitete Zahl  $100[1 + (n - 1)\alpha]$ ; die erste Serie von Bestimmungen ist von

<sup>1</sup> *Ann. de chim. et de phys.* [5] Vol. XXVIII, 138; [6] Vol. II, 66, 99, 115; [6] Vol. IV, 401.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. phys. Chem.* Bd. II, 491.

Kohlrausch,<sup>1</sup> die zweite von van't Hoff und Reicher,<sup>2</sup> die dritte von Gregory<sup>3</sup> gemacht worden;

in der achten Spalte endlich kommen Zahlen, die aus meinen oben angegebenen Werthen in der Weise berechnet worden sind, dass diese durch die für die Nichtleiter (Rohrzucker, Milhzucker und Traubenzucker) gefundene Zahl (1.63) getheilt wurden, wonach überall mit 100 multiplicirt wurde.

Wie oben angedeutet wurde, ist der Dissociationsgrad und damit auch der von einem Moleküle ausgeübte osmotische Druck für verschiedene Concentrationen verschieden. So berechnen sich aus den Versuchen von Kohlrausch mit Chlorkaliumlösungen von verschiedenen Concentrationen folgende Werthe für die Zahl  $100 [1 + (n - 1) \alpha]$ .

Gr.-Mol. pro Liter	$100 [1 + (n - 1) \alpha]$
1.0	175
0.5	178
0.1	186
0.03	190
0.01	194
0.006	195
0.001	198
0.0006	198
0.0001	199
$\frac{1}{\infty}$	200

Damit wir eine völlige Uebereinstimmung der auf verschiedenen Wegen gefundenen Werthe für den osmotischen Druck verlangen können, müssen diese also für ziemlich die nämliche Concentration bestimmt sein. Dies ist aber nicht überall der Fall. So gelten meine Ziffern für Concentrationen, die etwa 0.1 Gr.-Mol. Salpeter entsprechen. Die Zahlen von de Vries aber sind für eine Concentration von etwa 0.14 Gr.-Mol. Salpeter gültig, und seine Resultate sollten demnach im Vergleich mit den meinigen ein wenig zu niedrig ausfallen, was auch im Allgemeinen der Fall gewesen ist.

Die Bestimmungen von Hamburger sind bei etwa derselben Concentration gemacht wie die meinigen.

<sup>1</sup> *Ann. d. Phys. u. Chem.* Neue Folge. Bd. XXVI, S. 161.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. physik. Chem.* Bd. III, S. 198.

<sup>3</sup> *Ann. d. Phys. u. Chem.* Neue Folge. Bd. LI, S. 126.

Namen der untersuchten Substanzen	Chemische Formeln und Molekular-Gewichte	Gr.-Mol. pro Liter	Zahlen von		Zahlen nach Hann- burger	$\frac{f}{1.89}$ nach Raoult	$\frac{f}{100}$ Arthe- nius	100 [1 + (n - 1) $\alpha$ ]		Zahlen vom Ver- fasser
			Rohr- zucker = 100	Harn- stoff = 100				Kohl- ranch	nach van't Hoff u. Reicher	
Rohrzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0.1842	100	—	100	100	108	100	100	100
Milchzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	0.1836	—	—	—	—	—	—	—	100
Traubenzucker	$C_6H_{12}O_6$	0.1833	—	—	—	—	—	—	—	100
Magnesiumsulfat	$MgSO_4 + 7aq$	0.1678	109	125	127	101	121	137	135	110
Kaliumnitrat	$KNO_3$	0.1	167	176	174	162	—	181	—	184
Natriumnitrat	$NaNO_3$	0.1005	167	176	—	178	—	184	—	183
Chlorkalium	KCl	0.1004	167	181	—	176	—	186	189	183
Chlornatrium	NaCl	0.1059	169	179	175	184	198	184	—	174
Bromkalium	KBr	0.0895	—	—	177	184	—	—	—	185
Bromnatrium	NaBr + 4aq	0.0853	—	—	175	—	—	—	—	193
Jodkalium	KJ	0.0995	—	—	177	184	—	189	—	184
Kaliumacetat	$KC_2H_3O_2$	0.11	167	176	166	180	—	183	—	167
Natriumacetat	$NaC_2H_3O_2$	0.11	—	—	—	168	—	—	—	167
Kaliumsulfat	$K_2SO_4$	0.0755	217	230	—	205	248	238	—	244
Natriumsulfat	$Na_2SO_4$	0.0753	—	—	—	185	245	236	—	244
Kaliumtartrat	$K_2C_4H_4O_6$	0.0759	220	—	—	—	—	—	—	249
Chlorcalcium	$CaCl_2$	0.0792	240	278	236	262	269	—	245	250
Chlorbaryum	$BaCl_2$	0.0831	—	—	234	255	—	247	—	221
Calciumnitrat	$Ca(NO_3)_2$	0.0803	—	248	—	196	247	—	247	230
Baryumnitrat	$Ba(NO_3)_2$	0.09	—	—	—	213	—	227	—	204
Strontiumnitrat	$Sr(NO_3)_2$	0.0777	—	—	—	216	—	—	—	238
Kaliumferrocyanid	$K_4FeCy_6 + 3Aq = 422$	0.059	—	309	—	—	—	—	307	312

Die Zahlen von Raoult dagegen sind alle für eine Concentration von 1<sup>st</sup> Substanz in 1 Liter Wasser bestimmt worden. Dies entspricht für Salpeter einer Concentration von etwa 0.01 Gr.-Mol. pro Liter. Da seine Ziffern für verdünntere Lösungen als die meinigen gelten, sollten sie also grösser sein als meine.

Die in der Tabelle angegebenen Zahlen von Arrhenius, Kohlrausch, van't Hoff und Reicher und Gregory habe ich aus den Versuchstabellen dieser Verfasser durch Interpoliren berechnet. Alle diese Ziffern gelten für etwa dieselben Concentrationen wie die meinigen.

Wie ersichtlich stimmen die auf verschiedenen Wegen gefundenen Zahlen mit einander ziemlich gut überein. Die grössten Abweichungen finden wir auch hier bei den Salzen der Erdalkalien. Die Werthe, welche aus dem elektrischen Leitungsvermögen für Magnesiumsulfat berechnet worden sind, sind grösser als die nach anderen Methoden gefundenen Werthe, was Arrhenius durch die Annahme erklärt, dass in nicht sehr verdünnten Lösungen dieses Salzes eine Anzahl von Doppelmolekülen vorkommen; solche Doppelmoleküle üben aber auf den osmotischen Druck keinen grösseren Einfluss aus als die einfachen Moleküle oder die Ionen. Bei der Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens, aber ist es gleichgültig, ob die Moleküle als Doppelmoleküle oder als einfache vorkommen, weil nur die dissociirten Moleküle oder die Ionen die Elektrizität leiten.

Im Allgemeinen stimmen meine Zahlen mit den übrigen ebenso gut überein, wie diese unter sich, was zu der Annahme berechtigt, dass die Volumveränderungen, welche die Blutkörperchen beim Vermischen mit einer Salzlösung erfahren, hauptsächlich von dem osmotischen Drucke der Lösung abhängen. Wie das zugeht, können wir uns in folgender Weise vorstellen: Wenn das Blut mit einer Salzlösung vermischt wird, die Wasser schwächer anzieht als das Blut, oder einen niedrigeren osmotischen Druck besitzt, nehmen die Blutkörperchen Wasser auf und ihr Volumen wird vergrössert, bis die Concentration ihres Inhaltes dasselbe wasseranziehende Vermögen repräsentirt wie die Mischung aus Plasma und Salzlösung; wird aber das Blut mit einer Lösung vermischt, die Wasser stärker anzieht als das Blut oder einen grösseren osmotischen Druck hat, müssen die Blutkörperchen der Lösung Wasser abgeben, und ihr Volumen wird vermindert, bis ihr Inhalt den nämlichen osmotischen Druck besitzt wie das Salzplasma; bei einer gewissen Concentration der Salzlösung sollten demnach die Blutkörperchen Wasser weder aufnehmen noch verlieren und also ihr Volumen unverändert beibehalten.

Die Blutkörperchen sollten somit in dieser Beziehung denselben

Gesetzen gehorchen wie die Pflanzenzellen. Einen wesentlichen Unterschied der beiden Arten von Zellen finden wir aber darin, dass die Pflanzenzellen eine Zellenhaut besitzen, während die Blutkörperchen membranlos sind. Nach der Annahme von de Vries sollen seine Pflanzenzellen für Salze nicht permeabel sein und nur Wasser durchlassen. Da die Blutkörperchen keine Zellenhaut besitzen, können wir nicht annehmen, dass sie für gelöste Stoffe nicht permeabel sein sollten. Im Gegentheil hat Hamburger bewiesen, dass die rothen Blutkörperchen für Salze sehr permeabel sind, d. h. dass bei Vermischen des Blutes mit einer Salzlösung ein Austausch von Bestandtheilen zwischen dem Salzplasma und den Blutkörperchen stattfindet.<sup>1</sup> So hat er z. B. gefunden, dass nach dem Vermischen von 20<sup>ccm</sup> Pferdeblut mit 50<sup>ccm</sup> 1.5proc. Natriumnitratlösung der Chlorgehalt der serösen Flüssigkeit um 23 Proc. auf Kosten der Blutkörperchen gestiegen war. Beim Vermischen von 20<sup>ccm</sup> Pferdeblut mit 40<sup>ccm</sup> Serum + 10<sup>ccm</sup> Chlornatriumlösung, die mit dem Serum ungefähr isotonisch war, trat aber Chlornatrium aus der serösen Flüssigkeit in die Blutkörperchen über. Auch hat Hamburger nachgewiesen, dass die Phosphate aus der serösen Flüssigkeit übertreten können.

Ausserdem hat Hamburger gezeigt, dass wenn man defibrinirtes Blut mit einer Salzlösung vermischt, die Blutkörperchen von der Flüssigkeit durch Centrifugiren scheidet und dann die Concentration eines Salzes bestimmt, bei welcher die Blutkörperchen ihren Farbstoff zu verlieren anfangen, diese Concentration dieselbe ist, als wenn das Blut nicht vorher mit der anderen Salzlösung behandelt worden wäre.<sup>2</sup> So hat er z. B. defibrinirtes Blut mit einer 2.04 proc. Jodnatriumlösung vermischt, centrifugirt und gefunden, dass die abgesetzten Blutkörperchen einer Chlornatriumlösung von 0.54 bis 0.55 Proc. ihren Farbstoff abzugeben anfangen. Eine Probe desselben Blutes, die nicht mit Jodnatrium behandelt worden war, fing bei ganz derselben Concentration der Chlornatriumlösung an, ihren Farbstoff zu verlieren.

Dies kann nach Hamburger nur in der Weise erklärt werden, dass der Austausch von Bestandtheilen zwischen dem Salzplasma und den Blutkörperchen „in isotonischen Verhältnissen“ geschieht, d. h. so, dass die wasseranziehende Kraft der festen Bestandtheile der Blutkörperchen nicht geändert wird. Wir nehmen z. B. eine schwache Salpeterlösung und fügen ein wenig defibrinirtes Blut hinzu. Die Körperchen werden dann so lange Blut anziehen, bis die Concen-

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXVI, S. 414.

<sup>2</sup> *A. a. O.* S. 418.

tration ihres Inhaltes dasselbe wasseranziehende Vermögen repräsentirt wie das Gemisch aus Plasma und Salzlösung. Indessen ist es in den Blutkörperchen bei der Wasseraufnahme nicht geblieben; auch ist unter Anderem Salpeter in die Blutkörperchen eingetreten; eine damit isotonische Quantität anderer Stoffe hat aber die Blutkörperchen verlassen, so dass die wasseranziehende Kraft der festen Bestandtheile der Blutkörperchen gleich geblieben ist.

Mit dieser Annahme stimmen meine Resultate sehr gut überein. Dass die Volumveränderungen der Blutkörperchen beim Vermischen des Blutes mit Salzlösungen hauptsächlich vom osmotischen Drucke der Salzlösung abhängen, kann eigentlich nur durch die Annahme erklärt werden, dass das wasseranziehende Vermögen der festen Bestandtheile der Blutkörperchen unverändert bleibt oder wenigstens durch isotonische Lösungen in derselben Weise verändert wird. Wo das nicht zutrifft, wäre eine gute Uebereinstimmung meiner oben angegebenen Zahlen mit denjenigen anderer Forscher nicht zu erwarten. Vielleicht wäre auf diese Weise die weniger gute Uebereinstimmung bei einigen Salzen zu erklären. Mit Untersuchungen über diesen Gegenstand sowie mit einigen hier nicht erwähnten Salzen bin ich vorläufig beschäftigt und hoffe bald Gelegenheit zu finden, darüber zu berichten.

Lund, im Juni 1894.



# Ueber die Blutmenge, welche den Herzmuskel durchströmt.<sup>1</sup>

Von

Chr. Bohr und V. Henriques.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kopenhagen.)

Eine genaue Messung der Blutmenge, welche während eines bestimmten Zeitraumes von der linken Herzkammer aus durch die Aorta strömt, ist zu verschiedenen Zwecken von Stolnikow,<sup>2</sup> Paulow,<sup>3</sup> Tigerstedt<sup>4</sup> und uns<sup>5</sup> vorgenommen worden. Bei der dabei angewendeten Methode hat man aber, wie auch mehrere der oben genannten Verfasser bemerkten, auf die Menge des Blutes, das die Coronararterien passirt, um das Herz selbst zu ernähren, nicht Rücksicht nehmen können, und dadurch ist die Messung der Gesamtmenge des durch das Herz strömenden Blutes immer etwas zu gering ausgefallen.

Hiervon hat man bei den erwähnten Untersuchungen mit Recht absehen können, selbst da, wo es sich, wie bei Tigerstedt und bei uns, um eine absolute Quantitätsbestimmung des strömenden Blutes handelte. Die vorliegenden Versuche über die Blutmenge, welche einen gewöhnlichen Skelettmuskel durchsetzt, erlauben uns nämlich mit grosser Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass der die Coronararterien passirende Blutstrom dem ganzen durch die Aorta gehenden Strome gegenüber nur gering anzuschlagen ist.

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 24. August 1894.

<sup>2</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1886.

<sup>3</sup> Ebenda. 1887.

<sup>4</sup> *Dieses Archiv.* 1891.

<sup>5</sup> *Comptes rendus de l'academ. des sciences.* Tome CXV. 1892.

Um indessen die Schätzung dieser Grösse nicht allein auf der Analogie des Herzmuskels mit den Skelettmuskeln beruhen zu lassen, haben wir die unten folgenden Versuche über den Blutstrom durch die Coronararterien unternommen.

---

Es war bei den Versuchen nothwendig, dass der Blutstrom gemessen wurde während das Herz noch wirksame Contractionen ausführte; dies haben wir durch verschiedene Mittel zu erreichen versucht. Ueberall waren die technischen Schwierigkeiten sehr bedeutend, so dass nur ein geringer Theil der Gesamtzahl der Versuche gelang.

Bei einer Reihe von Versuchen führten wir eine Canüle in den Hauptstamm der *Art. coronaria ant.* ein, und leiteten defibrinirtes Blut durch die Herzmusculatur. Die Versuchsobjekte waren hierbei Kälber. Nachdem der Thorax der betäubten Thiere geöffnet worden war, wurde die *Arteria coronar. ant.* dicht an der Aorta auspräparirt, dann führte man zwei Ligaturen um dieselbe herum, von welchen die eine dicht am Ursprung der Arterie von der Aorta aus fest zusammengeschnürt wurde; die andere diente dazu, die unmittelbar nachher in den peripheren Theil des Stammes eingelegte Canüle zu fixiren. Hierauf leitete man unter einem Quecksilberdruck von ca. 100 mm erwärmtes und defibrinirtes Kalbsblut durch die Canüle. In zwei Fällen gelang es, die Herzcontractionen hierdurch lange genug zu erhalten, um eine Messung des durchströmenden Blutes vornehmen zu können. Bei der Mehrzahl der Versuchsthiere war aber der Stamm der Coronararterie so kurz, dass die Canüle keinen Platz fand, und indem sie dann den einen Hauptast verschloss, misslang natürlich der Versuch.

Die zwei Versuche, wo die Messung ausgeführt wurde, folgen hier:

I. Das Herz wog 350 g; wie uns eine später vorgenommene Injektion zeigte, speiste die vordere Coronararterie zwei Drittel des Herzens, ca. 230 g. Währenddem das Herz kräftig schlug, passirten in einer Minute 60<sup>cem</sup> Blut durch die Canüle; wenn wir die Menge der Cubikcentimeter Blut, die in einer Minute 100 g Muskel passirt, den Irrigationscoefficienten nennen, war dieser 26.

II. Das Herz wog 215 g, der von der vorderen Coronararterie gespeiste Teil des Herzens wog ca. 140 g. Das Herz arbeitete sechs Minuten; in den ersten vier Minuten, als die Contractionen noch sehr kräftig waren, passirten durch die Canüle 90<sup>cem</sup> Blut; hiernach ist der Irrigationscoefficient = 16. Die Durchschnittszahl des Irrigationscoefficienten ist also in den beiden Fällen ca. 21.

---

Um nun aber die Blutspeisung des *ganzen* Herzmuskels messen zu können, und um der künstlichen Durchleitung mit defibrinirtem Blute zu entgehen, indem diese durch die eigene Arbeit des Herzens ersetzt wurde, stellten wir noch einige Versuche mit Hunden an. Bei diesen versuchten wir zuerst eine Vergleichung zu erreichen zwischen der Blutmenge, die in derselben Zeit theils die Aorta, theils die Arteria pulmonalis passirte, indem man dabei die von den oben angeführten Verfassern benutzte Messungsmethode (Ludwig's neue Stromuhr) anwendete. Hierdurch würde man in der Aorta das ganze der linken Herzkammer entströmende Blut messen, mit Ausnahme desjenigen Theiles, der die Coronararterien passirt; während in der Pulmonalarterie die gesammte Menge Blut, welche gleichzeitig die rechte Herzkammer lieferte, bestimmt werden konnte. Die Differenz zwischen der Blutmenge, die gleichzeitig Aorta und Pulmonalis durchströmt, würde dann die gesuchte Grösse geben.

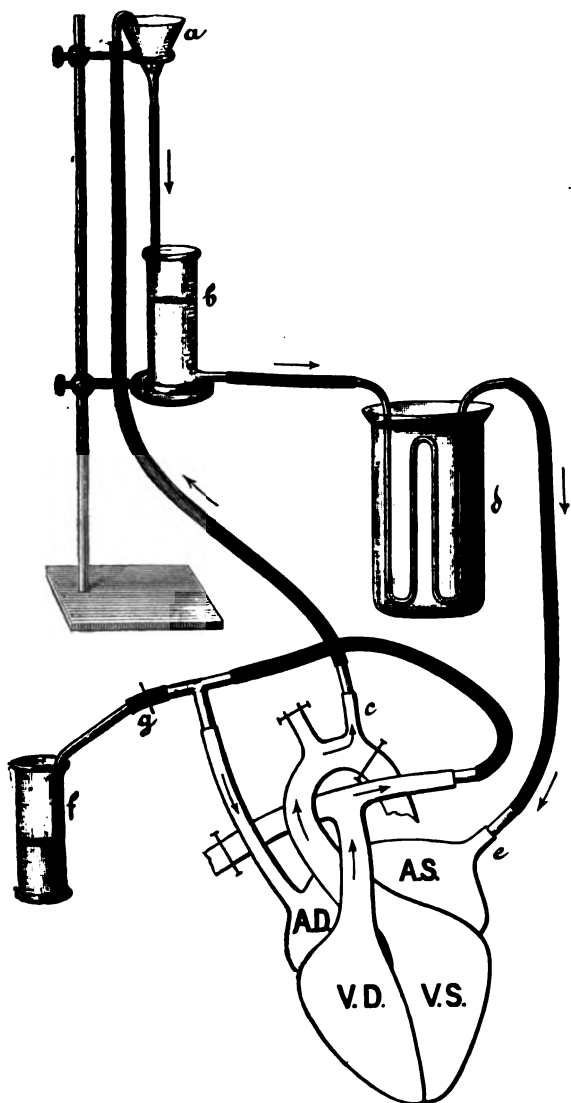
Es gelang uns aber nicht, Versuche dieser Art auszuführen; wenn auch das Herz noch kräftig schlug, nachdem alle die nothwendigen operativen Eingriffe vorgenommen worden waren, so hörten die Herzcontractionen auf, nachdem der Strom durch die Messungsapparate eingeleitet war, indem die rechte Herzkammer mit Blut überfüllt wurde. Der Grund hierzu war wahrscheinlich folgender. Bei dem Einlegen der Canüle in den linken Pulmonalzweig wurde die Circulation durch die entsprechende Lunge unterbrochen, während das Athmen nur in der rechten Lunge stattfand; während des Versuches war aber die Circulation in der rechten Lunge unterbrochen und das Blut musste von der rechten Herzkammer aus seinen Weg durch den linken Pulmonalzweig, den Messungsapparat und die linke Lunge suchen. Die Lungencapillaren haben sich aber wahrscheinlich in Folge der Circulationsunterbrechung contrahirt und dadurch dem Strome einen zu starken Widerstand geboten.

Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, versuchten wir folgende Methode (siehe die Figur). Die Aorta wird mit einer Klammer unmittelbar unter dem Bogen verschlossen, gleichzeitig hiermit werden alle von ihr ausgehenden Zweige mit Ausnahme der Carotis (*c*) unterbunden; durch diese kann der linke Ventrikel (*V. S.*) das Blut in den in Blutdruckshöhe angebrachten Trichter (*a*) hinaufpumpen, von diesem läuft das Blut in das Messglas (*b*); dieses ist gleich von Anfang an mit einer passenden Menge defibrinirten Blutes gefüllt. Von (*b*) läuft das Blut durch den Wärmeapparat (*d*) in den linken Vorhof (*A. S.*), indem die Canüle (*e*) in eine Pulmonalvene eingebunden ist. Die übrigen Pulmonalvenen sind durch Ligaturen um beide Lungenhilus

verschlossen. Das linke Herz bildet jetzt ein abgeschlossenes Ganzes, und müsste fortwährend die Menge Blut enthalten, die sich von Anfang an darin befand, wenn nicht immer durch die Coronararterien Blut entströmt.

In Betreff des rechten Herzens ist der eine Pulmonalzweig, wie die Figur zeigt, mit der Vena jugularis verbunden, während der andere Zweig durch Ligaturen um den Lungenhilus versperrt ist; auch das rechte Herz bildet dann einen abgeschlossenen Kreislauf. Einer Ueberfüllung des rechten Herzens mit dem Blute, das durch die Coronarvenen fortwährend zuströmt, kann durch Entleerung eines Theiles des Blutes durch das Rohr (g) abgeholfen werden. Das Herz kann auf diese Weise einige Zeit hindurch seine Arbeit fortsetzen; dass

die Herzcontractionen effectiv sind, kann leicht controlirt werden durch die Menge des in den Trichter hinaufgepumpten Blutes. Die Lungen sind ganz eliminirt, was, ohne der Ernährung des Herzens zu



schaden, stattfinden kann, da das Blut, welches durch die Coronararterien den Herzmuskel durchsetzt, nicht in das linke Herz zurückkehrt, weshalb das Blut in dieser Abtheilung des Herzens die arterielle Zusammensetzung beibehält. Die Blutmenge, die durch die Coronararterien der linken Herzkammer entströmt, kann durch Beobachtung des Glases (b) gemessen werden.

Alle möglicherweise entstehenden Fehler werden bewirken, dass die Coronarcirculation eine bedeutendere scheint, als sie in Wirklichkeit ist. Diese Wirkung musste eine während des Versuches auftretende Dilatation des linken Ventrikels hervorbringen, sowie auch jede Undichtigkeit in den Räumen, wo das Blut circulirt. Solche Undichtigkeiten waren übrigens nicht vorhanden; dagegen ist eine Dilatation des Herzens natürlich nicht auszuschliessen, wenn die Contractionen weniger kräftig werden.

Es folgen hier unsere Versuche:

I. Das Gewicht des Hundes =  $7.0 \text{ kg}$ ; das Herz wog  $51 \text{ g}$ . Im Verlauf von vier Minuten strömten durch die Coronararterien  $83 \text{ ccm}$  Blut, wonach der Irrigationscoefficient (Cubikcentimeter Blut per  $100 \text{ g}$  Muskel und 1 Minute) = 41 ist.

II. Das Gewicht des Hundes =  $7.9 \text{ kg}$ ; das Herz wog  $78 \text{ g}$ . Im Verlauf von vier Minuten strömten durch die Coronararterien  $95 \text{ ccm}$  Blut, wonach der Irrigationscoefficient = 34 ist.

III. Hund. Das Herz wog  $180 \text{ g}$ . Im Laufe von einer Minute strömten durch die Coronararterien  $34 \text{ ccm}$  Blut, wonach der Irrigationscoefficient = 19 ist.

IV. Hund. Das Herz wog  $235 \text{ g}$ . Das Herz schlug kräftig durch drei Minuten. In der ersten Minute strömten durch die Coronararterien  $64 \text{ ccm}$  Blut, in der dritten Minute  $60 \text{ ccm}$ , wonach der Irrigationscoefficient = 26 ist.

Als Durchschnittszahl war bei den vier Versuchen der Irrigationscoefficient = 30. Maximum 41, Minimum 19.

Um die Blutspeisung des Herzmuskels mit der der übrigen Muskeln zu vergleichen, führen wir hier die von Chaveau und Kaufmann<sup>1</sup> für Skelettmuskeln gefundenen Zahlen an. Die Zahlen sind Cubikcentimeter Blut per Minute und  $100 \text{ g}$  Muskel:

Ruhe	Arbeit
13	60
7	60
16	57
8	61
37	124
14	95
Durchschnittszahl 16.	Durchschnittszahl 76.

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'académie des sciences.* Tome C. IV, p. 1126.

Hiernach ist die Blutspeisung des Herzmuskels eine bedeutend geringere als die eines ununterbrochen arbeitenden Skelettmuskels. Man muss aber dabei bemerken, dass das Herz nicht immer arbeitet. Wenn, wie bei unseren Versuchen die Anzahl der Pulsschläge ca. 60 ist, wird die Dauer der Systole beiläufig  $\frac{1}{3}$  sein; und die Dauer der Diastole  $\frac{2}{3}$ . Um die Blutspeisung des Herzmuskels mit der des Skelettmuskels zu vergleichen, sollte der letztere auch  $\frac{1}{3}$  der Versuchszeit arbeiten und  $\frac{2}{3}$  ruhen.

Der Irrigationscoefficient wird dann mit Hülfe der von Chaveau und Kaufmann gefundenen Zahlen sein:  $\frac{2}{3} \cdot 16 + \frac{1}{3} \cdot 76 = 36$ ; während in Folge unserer Versuche der Irrigationscoefficient des Herzens = 30 ist.

Da die beiden benutzten Zahlen Durchschnittszahlen von Werten sind, die einander nicht besonders nahe liegen, und deshalb nur als ungefähr zu betrachten sind, zeigt es sich, dass die Blutspeisung des Herzens durchschnittlich dieselbe ist wie die der anderen Skelettmuskeln, wenn die Dauer der Arbeits- und Ruheperiode der beiden Muskeln im selben Verhältniss steht.

# Ueber den Einfluss von Salzlösungen auf das Volumen der rothen Blutkörperchen.

## Zweite Abhandlung.<sup>1</sup>

Von

S. G. Hedin.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Lund.)

In meinem vorigen Aufsatze<sup>2</sup> habe ich gezeigt, dass die Volumenveränderungen, welche die Blutkörperchen beim Vermischen des Blutes mit einer Salzlösung erfahren, hauptsächlich vom osmotischen Drucke der Salzlösung abhängen und zwar in der Weise, dass Salzlösungen derselben osmotischen Spannung mit dem nämlichen Blute dasselbe Volumen der Blutkörperchen geben. Zu diesem Schlusse war ich auf dem Wege gekommen, indem ich zunächst constatirte, dass eine concentrirte Lösung eines Salzes beim Vermischen mit Blut ein kleineres Volumen der Blutkörperchen giebt, als eine verdünntere Lösung des nämlichen Salzes. Dann suchte ich von verschiedenen Salzen diejenige Concentration auf, welche mit einem Blute dasselbe Blutkörperchenvolumen ergab wie eine Salpeterlösung von 1·01 g pro 100<sup>ccm</sup> oder 0·1 Gr.-Mol. pro Liter ( $\frac{1}{10}$  Normal-Lösung). Zum Vergleichen wählte ich die Stärke von 0·1 Gr.-Mol. pro Liter, weil eben bei dieser Concentration eine kleine Veränderung der Concentration von einer verhältnissmässig grossen Veränderung des Blutkörperchenvolumens begleitet wird. Es zeigte sich, dass Salzlösungen, welche denselben osmotischen Druck oder dasselbe wasseranziehende Vermögen besitzen wie eine Salpeterlösung von 0·1 Gr.-Mol. pro Liter, auch annähernd dasselbe Blutkörperchenvolumen ergaben. Zum Schluss stellte ich die nach verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe des osmotischen Druckes zusammen. Dabei wurde die osmotische Spannung der Nichtleiter oder nicht dissociirbaren Verbindungen = 100 gesetzt. Die Zahlen der Tabelle geben das Ver-

<sup>1</sup> Der Redaktion zugegangen den 20. November 1894.

<sup>2</sup> Diese Zeitschrift, Bd. V.

hältniss der osmotischen Drucke aequimolekulärer Lösungen bei angegebenen Concentrationen an. Die nach verschiedenen Methoden gefundenen Zahlen stimmten mit einander ziemlich gut überein. Meine Werthe des osmotischen Druckes wurden in folgender Weise berechnet. Bedeutet  $a$  die procentuale Concentration einer Salzlösung, die dasselbe Blutkörperchenvolumen wie die Kalisalpeterlösung von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter giebt, und  $m$  das Molekulargewicht des Salzes, so wird die molekuläre Concentration der Lösung durch  $a/m$  ausgedrückt; bezeichnen wir weiter durch  $b$  die proc. Concentration einer Rohrzuckerlösung, die ebenfalls dasselbe Blutkörperchenvolumen giebt, so wird die mol. Concentration derselben  $= b/342$ , weil 342 das Molekulargewicht des Rohrzuckers ist. Da nun die Salzlösung von der mol. Concentration  $a/m$  und die Rohrzuckerlösung von der mol. Concentration  $b/342$  denselben Einfluss auf die Blutkörperchen ausüben und demnach (wie angenommen wurde) denselben osmotischen Druck besitzen, so müssen die von einem Molekül ausgeübten osmotischen Drucke sich umgekehrt verhalten wie die mol. Concentrationen. Der osmotische Druck des Salzes ( $x$ ) wird also, wenn der des Rohrzuckers  $= 100$  gesetzt wird, aus folgender Gleichung erhalten:

$$\frac{a}{m} : \frac{b}{342} = 100 : x .$$

Meine so erhaltenen Zahlen stimmten am besten mit den aus dem elektrischen Leitungsvermögen berechneten überein. Der besseren Uebersicht wegen theile ich hier noch einmal meine Zahlen und die aus dem elektrischen Leitungsvermögen hergeleiteten mit:

Namen der Verbindungen	Meine Werthe	Der Coefficient 100 [1 + (n-1) α]		
		nach Kohlrausch	nach van t'Hoff u. Reicher	nach Gregory
Rohrzucker	100	100	100	100
MgSO <sub>4</sub>	110	137	135	—
KNO <sub>3</sub>	184	181	—	—
NaNO <sub>3</sub>	183	184	—	—
KCl	183	186	189	—
NaCl	174	184	—	—
KJ	184	189	—	—
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	167	183	—	—
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	244	238	—	—
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	244	236	—	—
CaCl <sub>2</sub>	233	—	246	250
BaCl <sub>2</sub>	221	247	—	—
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	230	—	247	244
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	204	227	—	—
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	237	—	—	238
K <sub>4</sub> FeCy <sub>6</sub>	312	—	307	—



Bei einigen Salzen ist die Uebereinstimmung eine sehr gute. Für diese Salze scheinen also die Volumveränderungen bei der fraglichen Concentration nur am osmotischen Drucke der Salzlösungen zu liegen. Bei anderen Salzen — namentlich Chlornatrium, Kaliumacetat und den Salzen der Erdalkalien ist die Uebereinstimmung der beiden Werthe eine weniger gute; hier sind meine Zahlen überall niedriger als die aus dem elektrischen Leitungsvermögen berechneten, oder die erwähnten Salze gaben ein grösseres Blutkörperchenvolumen als eine isotonische<sup>1</sup> Kalisalpeterlösung.

Indessen habe ich später gefunden, dass auch diese Salze bei einer gewissen Concentration dasselbe Blutkörperchenvolumen ergeben wie eine isotonische Kalisalpeterlösung. In einigen Fällen habe ich nämlich den Einfluss von Kalisalpeterlösungen verschiedener Concentrationsgrade auf Blut mit dem Einfluss isotonischer Lösungen anderer Salze darauf verglichen. Die Untersuchungen wurden so gemacht, dass gleiche Volumina defibrinirtes Rindsblut und Salzlösung vermischt wurden. Zugleich wurden Mischungen von Blut mit unter sich isotonischen Lösungen centrifugirt. Wenn also das Blutkörperchenvolumen nur am osmotischen Drucke der Salzlösung gelegen hätte, würde ich in beiden Röhren dasselbe Volumen erhalten haben. Die Resultate beim Vergleichen von Kalisalpeter mit Kochsalz sind in folgenden Tabellen enthalten. Die Ziffern jeder Tabelle sind mit dem nämlichen Blute erhalten.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz  %
	KNO <sub>3</sub> %	NaCl %	
Blut Nr. 1.			
0.08	48.6	50.2	-1.6
0.1	46.3	48.2	-1.9
0.12	43.2	44.2	-1.0
0.13	42.5	43.4	-0.9
0.14	41.4	42.2	-0.8
0.15	40.2	41.0	-0.8
0.16	39.9	40.4	-0.5
0.17	39.7	39.6	+0.1
0.18	39.4	39.2	+0.2
0.2	39.1	38.0	+1.1
0.22	39.2	37.3	+1.9
0.24	38.7	36.8	+1.9
0.26	38.3	36.5	+1.8
0.3	37.2	36.8	+0.4

<sup>1</sup> Isotonische Lösungen = Lösungen desselben osmotischen Druckes oder desselben wasseranziehenden Vermögens.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz %
	KNO <sub>3</sub> %	NaCl %	
Blut Nr. 2.			
0.1	38.1	39.4	-1.3
0.15	32.7	34.4	-1.7
0.17	31.8	33.0	-1.2
0.18	32.2	32.2	0
0.2	31.1	31.4	-0.3
0.22	30.1	30.4	-0.3
0.24	29.8	29.8	0
0.26	29.5	28.8	+0.7
0.3	29.5	28.0	+1.5
Blut Nr. 3.			
0.15	43.4	44.0	-0.6
0.16	42.9	42.9	0
0.18	41.6	41.6	0
0.2	41.5	40.4	+1.1
Blut Nr. 4.			
0.1	37.7	38.6	-0.9
0.14	34.4	35.1	-0.7
0.15	34.4	34.4	0
0.16	33.3	33.5	-0.2
0.17	32.4	32.7	-0.3
0.2	32.4	31.2	+1.2
Blut Nr. 5.			
0.14	39.6	41.5	-1.9
0.15	37.8	38.5	-0.7
0.16	37.8	37.8	0
0.18	36.6	36.6	0
0.2	35.9	35.2	+0.7
Blut Nr. 6.			
0.1	45.1	46.5	-1.4
0.13	41.3	41.7	-0.4
0.15	39.5	40.5	-1.0
0.17	39.2	39.0	-0.2
Blut Nr. 7.			
0.1	37.6	38.5	-0.9
0.15	33.3	34.5	-1.0
0.2	32.6	31.4	+1.2

Wir finden also, dass bei der Concentration von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter die Differenz überall negativ war; bei steigender Concentration wurde die Differenz allmählich kleiner und bei einer gewissen Concentration = 0, um dann positiv zu werden. Diese Regel ist bei allen meinen Versuchen mit Kalisalpeter und Kochsalz gültig. Die Concentration aber, bei welcher die Differenz = 0 wurde, war für Blut von verschiedenen Thieren etwas verschieden. Wie aus den Tabellen ersichtlich, war diese Concentration

beim Blut Nr. 1	0.17 bis 0.18 Gr.-Mol. pro Liter
" " " 2	0.18 " 0.24 " "
" " " 3	0.16 " 0.18 " "
" " " 4	0.15 " 0.17 " "
" " " 5	0.16 " 0.18 " "
" " " 6	0.17 " ? " "

Bei dem Blute Nr. 7 liegt die fragliche Concentration innerhalb der Grenzen 0.15 und 0.2 Gr.-Mol. pro Liter.

Das Blut Nr. 2 weicht am meisten von den übrigen Blutsorten ab. Im Allgemeinen liegen die Concentrationsgrade, wo die Differenz = 0 ist, innerhalb der Grenzen 0.15 und 0.19 Gr.-Mol. pro Liter. Wollen wir eine bestimmte Concentration angeben, bei der die Differenz = 0 war, dürfte wohl 0.17 Gr.-Mol. pro Liter die richtigste sein. Für diese Concentration war nämlich die Differenz = 0 bei allen untersuchten Blutsorten ausser Nr. 2.

Wir haben also gefunden, dass Lösungen von Kalisalpeter und Chlornatrium, welche 0.17 Gr.-Mol. pro Liter enthalten, etwa denselben Einfluss auf das Blutkörperchenvolumen ausüben; isotonische Lösungen derselben Salze, welche mehr oder weniger als 0.17 Gr.-Mol. im Liter aufgelöst enthalten, wirken aber auf das Volumen der Blutkörperchen verschieden ein. Woran das alles liegt, dürfte wohl schwer sein, zu entscheiden.

Indessen glaube ich sehr gute Gründe für die Annahme angeben zu können, dass die Blutkörperchen ihr Volumen nicht verändern, wenn das Blut mit einer Salzlösung von etwa 0.17 Gr.-Mol. pro Liter vermischt wird. Beim Vermischen mit schwächeren Lösungen vergrößern die Blutkörperchen ihr Volumen und zwar im Allgemeinen in demselben Grade für verschiedene Salze, aber doch hier und da in etwas verschiedenem Grade. Stärkere Lösungen verursachen eine Verminderung des Blutkörperchenvolumens; diese Verminderung ist für einige Salze dieselbe, bei anderen finden wir eine kleine Verschiedenheit. Aus dieser Annahme erklärt sich zunächst, warum Kalisalpeter- und

Chlornatriumlösungen von der Concentration 0.17 Gr.-Mol. pro Liter dasselbe Blutkörperchenvolumen ergeben; weniger und mehr concentrirte Lösungen wirken auf die Blutkörperchen ein wenig verschieden ein, so dass Chlornatriumlösungen, die weniger als 0.17 Gr.-Mol. pro Liter enthalten, die Blutkörperchen stärker vergrössern, als isotonische Salpeterlösungen, während Chlornatriumlösungen von mehr als 0.17 Gr.-Mol. pro Liter die Blutkörperchen stärker zum Schwinden bringen, als isotonische Kalisalpeterlösungen.

Den verschiedenen Einfluss ungleich concentrirter Lösungen auf die Blutkörperchen könnte man sich in folgender Weise erklären. Lösungen von etwa 0.17 Gr.-Mol. pro Liter verändern das Volumen der Blutkörperchen nicht, weil solche Lösungen dieselbe osmotische Spannung oder dasselbe wasseranziehende Vermögen besitzen wie das Blutserum. Beim Vermischen des Blutes mit der Salzlösung werden die osmotischen Verhältnisse nicht geändert: das Gemisch aus Blutserum und Salzlösung hat dasselbe wasseranziehende Vermögen wie das Blutserum vor dem Zusammenmischen und es liegt deshalb kein Grund vor, warum die Blutkörperchen ihr Volumen verändern sollten.

Vermischen wir aber das Blut mit einer schwächeren Salzlösung, z. B. von der Concentration 0.1 Gr.-Mol. pro Liter, so werden die osmotischen Verhältnisse geändert. Eine solche Lösung besitzt einen niedrigeren osmotischen Druck als das Blutserum. Darum wird auch das Gemisch aus Blutserum und Salzlösung Wasser schwächer anziehen als das Blutserum allein. Daraus folgt, dass die Blutkörperchen, deren Inhalt vor dem Zusammenmischen dasselbe wasseranziehende Vermögen besaßen wie das Serum, nach dem Mischen aus dem Salzserum Wasser aufnehmen und deshalb ihr Volumen vergrössern müssen. Die Blutkörperchen werden so lange Wasser aufnehmen, bis die Concentration ihres Inhaltes dasselbe wasseranziehende Vermögen repräsentirt wie das Salzserum, und die Blutkörperchen sich also mit dem Salzserum in osmotischem Gleichgewicht befinden.

Indessen findet, wie Hamburger gezeigt hat,<sup>1</sup> auch ein Austausch von festen Bestandtheilen zwischen den Blutkörperchen und dem Salzserum statt. Nach Hamburger soll aber dieser Austausch „in isotonischen Verhältnissen“ geschehen, d. h. so, dass das wasseranziehende Vermögen der Blutkörperchen und das Salzserum nicht dadurch geändert wird; wird also eine gewisse Portion Salz von den Blutkörper-

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biologie.* Bd. XXVI. S. 414.

chen aufgenommen, so wird dies nur unter der Bedingung geschehen können, dass eine mit der Salzmenge isotonische Quantität anderer Stoffe die Blutkörperchen verlässt. Wäre diese Regel in aller Strenge gültig, würde ich wahrscheinlich für alle Salze mit isotonischen Lösungen das nämliche Volumen der Blutkörperchen erhalten haben. Für die Concentration 0.1 Gr.-Mol. pro Liter ist dies auch bei den Alkalisalzen — Chlornatrium und die Acetate ausgenommen — der Fall gewesen. Bei Chlornatrium und den Acetaten dürfte also die oben angegebene Regel von Hamburger nicht in aller Strenge gültig sein.

Wird schliesslich das Blut mit einer Salzlösung vermischt, die einen grösseren osmotischen Druck als das Blut besitzt, also mehr als etwa 0.17 Gr.-Mol. Salz pro Liter enthält, so wird dadurch das wasseranziehende Vermögen des Salzserums grösser, als das des Serums allein. Daraus folgt auch, dass das Salzserum den Blutkörperchen Wasser entziehen muss und folglich, dass ihr Volumen vermindert wird. Auch hier findet aber ein Austausch von Bestandtheilen zwischen dem Salzserum und den Blutkörperchen statt. Wenn das immer „in isotonischen Verhältnissen“ geschähe, würde ich mit isotonischen Lösungen verschiedener Salze dasselbe Volumen erhalten haben. Wie aus obenstehenden Tabellen ersichtlich, habe ich aber mit Chlornatriumlösungen, die mehr als 0.17 Gr.-Mol. pro Liter enthielten, immer ein etwas kleineres Volumen bekommen, als mit isotonischen Kalisalpeterlösungen.

Die Richtigkeit der oben gemachten Annahme, dass die rothen Blutkörperchen beim Vermischen mit einer Salzlösung von etwa 0.17 Gr.-Mol. pro Liter ihr Volumen nicht verändern, können wir in der Weise prüfen, dass wir auch andere Salze als Chlornatrium mit Kalisalpeter vergleichen. Wenn die Annahme zutreffend ist, werden natürlich alle Salze ungefähr bei einer Concentration, die 0.17 Gr.-Mol. Kalisalpeter entspricht, dasselbe Blutkörperchenvolumen mit demselben Blute ergeben. Selbstverständlich wird hierbei die Vergleichung derjenigen Salze am meisten beweisen, welche bei anderen Concentrationsgraden nicht dasselbe Blutkörperchenvolumen geben. Darum habe ich zunächst Natriumacetat mit Kalisalpeter verglichen; Natriumacetat ergab nämlich gleichwie Kaliumacetat bei der Concentration 0.1 Gr.-Mol. pro Liter für den molekularen osmotischen Druck den Werth 167, während für Kalisalpeter der Werth 184 erhalten wurde; das Blutkörperchenvolumen war also bei der fraglichen Concentration grösser als das mit Kalisalpeter erhaltene.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz  %
	KNO <sub>3</sub> %	NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> %	
Blut Nr. 1.			
0.14	40.0	40.8	-0.8
0.15	39.2	39.9	-0.7
0.16	39.4	39.1	+0.3
0.18	38.8	37.0	+1.8
Blut Nr. 2.			
0.15	43.4	44.2	-0.8
0.16	42.9	43.2	-0.3
0.18	41.6	41.6	0
0.2	41.5	40.4	+1.1
Blut Nr. 3.			
0.14	34.4	35.2	-0.8
0.15	34.4	34.3	+0.1
0.2	32.4	31.2	+1.2

Wie ersichtlich, habe ich hier nur diejenigen Concentrationsgrade geprüft, welche in der Nähe des kritischen Concentrationsgrades (wo die Differenz = 0 ist) liegen. Auch hier finden wir, dass die Differenz für niedrigere Concentrationsgrade negativ und für stärkere positiv ist. Die kritische Concentration war bei verschiedenem Blute etwas verschieden; so liegt diese Concentration

für das Blut Nr. 1 etwa bei 0.16 Gr.-Mol. pro Liter,

„ „ „ „ 2 „ „ 0.16 bis 0.18 Gr.-Mol. pro Liter,

„ „ „ „ 3 „ „ 0.15 „ ? „ „

Weiter habe ich einige Salze der Erdalkalien, welche bei einer Concentration, die 0.1 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter entspricht, für den Coefficient  $100[1 + (n-1)\alpha]$  zu niedrige Werthe ergaben, auch bei anderen Concentrationsgraden mit Kalisalpeter verglichen. Die mol. Concentration (Gr.-Mol. pro Liter) der mit einer Kalisalpeterlösung isotonischen Lösungen habe ich aus den oben angegebenen Werthen für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  berechnet. Die osmotischen Drucke aequimolekulärer Lösungen verhalten sich nämlich wie diese Zahlen. Die molekulären Concentrationen isotonischer Lösungen müssen sich also umgekehrt verhalten wie die Werthe für  $100[1 + (n-1)\alpha]$ . Wir finden also die mol. Concentration ( $x$ ) einer Chlorbaryumlösung, die mit einer

Kalisalpeterlösung von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter isotonisch ist, aus der Gleichung

$$0.1 : x = 247 : 184.$$

Für Kalisalpeter habe ich die Ziffer 184 gebraucht, weil diese Ziffer das Mittel aus allen von Kohlrausch für analog gebaute Salze gefundenen Zahlen ausmacht. Die Ziffer 247 findet man für Chlorbaryum in Kohlrausch's Spalte. Aus der Gleichung berechnet sich

$$x = 0.0745.$$

Um aus dieser mol. Concentration die procentische Concentration zu berechnen, brauchen wir nur das Molekulargewicht von Chlorbaryum mit 0.0745 zu multipliciren.  $\text{BaCl}_2 + 2\text{aq.} = 244.$

$$244 \times 0.0745 = 1.8178 \text{ Procent.}$$

Die procentuale Concentration der übrigen Chlorbaryumlösungen, die ich zum Vergleichen mit Kalisalpeter gebraucht habe, wurde aus der eben gefundenen Zahl durch Multipliciren berechnet, wie aus folgender Uebersicht zu ersehen ist.

0.1	Gr.-Mol. $\text{KNO}_3$ pro Liter entspricht	1.8178 Proc. $\text{BaCl}_2 + 2\text{aq.}$
0.14	" " " "	$1.4 \times 1.8178$ " "
0.2	" " " "	$2 \times 1.8178$ " "
0.3	" " " "	$3 \times 1.8178$ " "

Diese Berechnungsweise dürfte aber aus theoretischen Gründen nicht streng richtig sein. Die oben angeführten Zahlen für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  sind nämlich nur für eine mol. Concentration von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter bei den erwähnten Alkalisalzen und etwa 0.075 bei den Salzen der Erdalkalien gültig. Weil der Dissociationsgrad ( $\alpha$ ) aber bei steigender Concentration kleiner wird, wird auch  $100[1 + (n-1)\alpha]$  für stärkere Concentrationen kleiner. Es fragt sich aber, ob die Abnahme bei verschiedenen Salzen in gleichen Verhältnissen geschieht. Für die Salze der Alkalien mit einbasischen Säuren ( $n=2$ ) scheint dies der Fall zu sein, d. h. Lösungen verschiedener Salze derselben mol. Concentration sind in demselben Grade dissociirt oder haben dieselbe osmotische Spannung, wie aus folgender Tabelle hervorgeht, wo ich die aus Kohlrausch's Versuchstabellen berechneten Werthe für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  bei den Concentrationsgraden 0.1 und 0.5 Gr.-Mol. pro Liter zusammengestellt habe.

Gr.-Mol. pro Liter	$\text{KNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	KCl	NaCl	KJ	$\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$
0.1	181	184	186	184	189	183
0.5	169	171	178	174	183	171

Wollen wir in derselben Weise die Salze der Erdalkalien ( $n=3$ ) unter sich vergleichen, so finden wir aus den Tabellen von Kohlrausch und Gregory folgende Werthe für  $100[1 + (n-1)\alpha]$

Gr.-Mol. pro Liter	CaCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
0.075	249	248	248	246	231	238
0.25	230	226	226	216	195	211

Wie ersichtlich, stimmen die Chloride unter sich sehr gut überein, die Nitrate aber haben etwas niedrigere Werthe als die Chloride ergeben, besonders für die Concentration 0.25 Gr.-Mol. pro Liter.

Wir sehen also, dass die erwähnten Alkalisalze unter sich und die Erdalkalisalze unter sich in aequimolekulären Lösungen wenigstens nahezu den nämlichen osmotischen Druck besitzen. Wie stellt sich aber die Frage, wenn wir die Alkalisalze mit den Salzen der Erdalkalien vergleichen? Aus den Tabellen von Kohlrausch und Gregory können wir in oben angegebener Weise berechnen, dass die Moleküle der Erdalkalisalze bei der Concentration von etwa 0.075 Gr.-Mol. pro Liter denselben osmotischen Druck ausüben, wie die Moleküle der Alkalisalze (mit einbasischen Säuren) bei 0.1 Gr.-Mol. pro Liter. Ist dies aber derart zu verstehen, dass z. B. 0.2, 0.3, 0.4 u. s. w. Gr.-Mol. Alkalisalze pro Liter den nämlichen osmotischen Druck ausüben wie  $2 \times 0.075$ ,  $3 \times 0.075$  u. s. w. Gr.-Mol. pro Liter der Erdalkalisalze?

Um diese Frage zu beantworten, wollen wir z. B. Kalisalpeter mit den Salzen der Erdalkalien vergleichen. Für Kalisalpeter ist nach Kohlrausch  $100[1 + (n-1)\alpha]$  bei der Concentration von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter = 181 und bei der Concentration von 0.33 Gr.-Mol. pro Liter = 174. Für BaCl<sub>2</sub> ist  $100[1 + (n-1)\alpha]$  bei 0.075 Gr.-Mol. pro Liter = 248.

Unter der Voraussetzung, dass die Abnahme des osmotischen Druckes bei Kalisalpeter und Chlorbaryum in denselben Verhältnissen geschieht, berechnet sich  $100[1 + (n-1)\alpha]$  für Chlorbaryum bei der Concentration 0.25 ( $= 0.075 \times 0.33$ ) aus der Gleichung:

$$181 : 174 = 248 : x, \quad x = 238.$$

In derselben Weise habe ich auch für die übrigen Erdalkalisalze den Werth  $100[1 + (n-1)\alpha]$  für die Concentration 0.25 Gr.-Mol. pro Liter berechnet; diese Ziffern werden in folgender Tabelle mit den aus Kohlrausch's und Gregory's Tabellen gefundenen wahren Werthen für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  verglichen.



	CaCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Wahre Werthe	230	226	226	216	195	211
Berechnete „	239	238	238	236	221	228

Wir finden, dass die „berechneten Werthe“ überall ein wenig grösser sind als „die wahren“, was beweisen würde, dass der von einem Molekül ausgeübte osmotische Druck bei steigender Concentration für die Erdalkalisalze ein wenig schneller abnimmt, als für Kalisalpeter oder die erwähnten Alkalisalze im allgemeinen.

Meine oben angewandte Berechnungsweise für die Concentrationsgrade der Erdalkalisalze, welche einer Kalisalpeterlösung entsprechen, ist demnach nicht streng richtig; beim Vergleichen der Salze wird aber der Fehler um so kleiner sein, je weniger die Concentrationsgrade von 0.1 Gr.-Mol. Kalisalpeter und 0.075 Gr.-Mol. Erdalkalisalzen entfernt sind; für Concentrationsgrade, die unter 0.2 resp. 0.15 Gr.-Mol. pro Liter liegen, dürfte wohl der Fehler nicht merkbar sein, und da die kritische Concentration bei oder unter 0.2 resp. 0.15 Gr.-Mol. pro Liter liegt, wird der Fehler bei meinen Versuchen ohne Belang sein.

Im Folgenden wird die mol. Concentration derjenigen Lösung, welche mit einer Kalisalpeterlösung von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter isotonisch ist, mit  $e$  bezeichnet.

#### Kalisalpeter und Chlorcalcium.

Aus den Versuchstabellen von van t'Hoff und Reicher berechnet sich für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  bei der gebrauchten Concentration die Zahl 246 und aus Gregory's Tabellen die Zahl 250; wird das Mittel 248 als der richtige Werth angenommen, so können wir in angegebener Weise  $e = 0.0742$  berechnen, was 0.8236 Gr. CaCl<sub>2</sub> pro 100<sup>ccm</sup> entspricht. In folgender Tabelle sind die beim Centrifugiren von Blut mit isotonischen Kalisalpeter- und Chlorcalciumlösungen erhaltenen Blutkörperchenvolumina zusammengestellt. In der ersten Spalte wird der Concentrationsgrad der Lösungen angegeben. Die Concentration 0.1 bedeutet, dass die Kalisalpeterlösung 0.1 Gr.-Mol. pro Liter enthielt, die Chlorcalciumlösung dagegen wie oben berechnet 0.0742 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.8236 Gr. pro 100<sup>ccm</sup>; die Concentration 0.14 entspricht einer Concentration der Salpeterlösung von 0.14 Gr.-Mol. pro Liter und einer Stärke der Chlorcalciumlösung von  $1.4 \times 0.0714$  Gr.-Mol. pro Liter u. s. w.

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz ‰
	KNO <sub>3</sub> ‰	CaCl <sub>2</sub> ‰	
0.1	57.5	60.4	-2.9
0.14	50.9	52.5	-1.6
0.16	49.7	50.7	-1.0
0.17	49.6	49.1	+0.5
0.18	48.3	47.8	+0.5
0.2	47.4	46.2	+1.0

Auch hier finden wir zunächst eine negative Differenz; dieselbe wird bei 0.16 bis 0.17 Gr.-Mol. pro Liter = 0, um dann positiv zu werden.

#### Kalisalpeter und Chlorbaryum.

Oben wurde aus Kohlrausch's Werth für  $100 + [1(n-1)\alpha] = 247.6 = 0.0745$  oder  $1.8178\%$  BaCl<sub>2</sub> + 2aq. pro 100<sup>cem</sup> berechnet.

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz
	KNO <sub>3</sub> %	BaCl <sub>2</sub> %	
Blut Nr. 1.			
0.1	48.4	48.2	+0.2
0.14	45.0	44.8	+0.2
0.2	42.2	42.3	-0.1
0.3	38.3	38.8	-0.5
Blut Nr. 2.			
0.1	45.2	47.7	-2.5
0.14	39.6	41.6	-2.0
0.2	36.5	36.7	+0.2
0.3	35.0	33.8	+1.2

Beim ersten Blute ist die Uebereinstimmung der beiden Werthe überall eine ziemlich gute; beim zweiten war die Differenz zunächst negativ, um bei stärkerer Concentration positiv zu werden. Der Uebergang von negativ zu positiv geht bei oder vor 0.2 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter vor sich.

## Kalisalpeter und Chlorstrontium.

Gregory's Tabellen ergeben für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  den Werth 246. Daraus erhalten wir  $e = 0.0748$ , was  $1.1756\%$   $\text{SrCl}_2$  pro 100  $\text{ccm}$  entspricht.

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz %
	$\text{KNO}_3$ %	$\text{SrCl}_2$ %	
0.1	45.8	46.7	-0.9
0.16	39.9	40.2	-0.3
0.2	38.0	37.5	+0.5

Die Differenz wurde = 0 bei der Concentration 0.15 bis 0.2 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter.

## Kalisalpeter und Calciumnitrat.

van t'Hoff und Reicher finden für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  die Zahl 247 und Gregory die Zahl 244. Nehmen wir 245 als den richtigen Werth an, so finden wir  $e = 0.0751$  oder  $1.23\%$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  pro 100  $\text{ccm}$ .

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz %
	$\text{KNO}_3$ %	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ %	
0.1	37.7	39.0	-1.3
0.15	34.4	34.8	+0.1
0.2	32.4	32.5	-0.1

Die Differenz wurde also = 0 bei 0.15 bis 0.2 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter.

## Kalisalpeter und Baryumnitrat.

Kohlrausch findet für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  den Werth 227; daraus berechnen wir  $e = 0.081$  oder  $2.1141\%$  pro 100  $\text{ccm}$ .

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz %
	$\text{KNO}_3$ %	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ %	
0.1	48.3	50.0	-1.7
0.14	45.0	45.3	-0.3
0.16	45.2	45.2	0
0.2	42.3	42.1	+0.2

Auch hier war also die Differenz = 0 bei 0.14 bis 0.2 Gr.-Mol. pro Liter.

Wir finden also, dass bei fast allen Erdalkalisalzen, die mit Kalisalpeter verglichen wurden, die Differenz bei 0.1 Gr.-Mol. pro Liter negativ war, irgendwo zwischen den Grenzen 0.15 und 0.2 Gr.-Mol. pro Liter = 0 wurde, um dann in einigen Fällen positiv zu werden. Die Concentration, wo die Differenz = 0 wurde, war bei verschiedenen Salzen etwas ungleich, wahrscheinlich weil die Untersuchungen mit Blut von verschiedenen Thieren gemacht wurden. Aus demselben Grunde habe ich auch mit demselben Salze nicht immer die nämliche Concentration für die Differenz = 0 gefunden. Ausserdem scheint die Grenze, wo die Differenz von negativ zu positiv übergeht, nicht scharf zu sein; einige Salze stimmen innerhalb ziemlich weiter Grenzen mit Kalisalpeter überein; ausserdem scheinen diese Grenzen auch von dem gebrauchten Blute abzuhängen. Sei es nun, dass die Grenzen eng oder weit sind, wir können doch sagen, dass die geprüften Salze irgendwo zwischen 0.15 und 0.2 Gr.-Mol. pro Liter mit Kalisalpeter übereinstimmen.

Wenn die oben gemachte Annahme, dass die Blutkörperchen für eine gewisse Concentration der Salzlösung ihr Volumen nicht verändern, richtig ist, so wird natürlich dasselbe Blut mit Lösungen verschiedener Salze von eben dem osmotischen Drucke des Blutserums dasselbe Blutkörperchenvolumen ergeben. Um dies zu prüfen, habe ich in einem Falle ein Blut mit Kalisalpeter, Chlornatrium, Natriumacetat und Calciumnitrat geprüft. Dabei wurden folgende Resultate erhalten:

Concentration	Blutkörperchenvolumina			
	KNO <sub>3</sub> %	NaCl %	NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> %	CaCl <sub>2</sub> %
0.1	37.7	38.6	—	39.0
0.14	34.4	35.1	35.2	—
0.15	34.4	34.4	34.3	34.3
0.16	33.3	33.5	—	—
0.17	32.4	32.7	—	—
0.2	32.4	31.2	31.2	32.5

Hier finden wir also bei der Concentration, die 0.15 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter entspricht, für alle Salze dasselbe Blutkörperchenvolumen.

Schliesslich habe ich auch ein paar solche Salze, welche bei der Concentration von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter dasselbe oder nahezu dasselbe

Blutkörperchenvolumen ergaben wie Kalisalpeter, auch bei anderen Concentrationsgraden mit Kalisalpeter verglichen.

### Kalisalpeter und Natronsalpeter.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz
	KNO <sub>3</sub> %	NaNO <sub>3</sub> %	
0.1	39.2	39.3	-0.1
0.13	36.2	36.2	0
0.15	35.2	35.2	0
0.17	35.1	35.2	-0.1
0.2	34.4	34.5	-0.1
0.3	31.4	31.4	0
0.4	29.6	29.6	0
Anderes Blut.			
0.1	45.1	45.4	-0.3
0.13	41.3	41.5	-0.2
0.15	39.5	39.6	-0.1
0.17	39.2	39.2	0
0.2	38.5	38.2	+0.3
0.3	36.2	36.2	0

### Kalisalpeter und Chlorkalium.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz
	KNO <sub>3</sub> %	KCl %	
0.1	45.1	45.4	-0.3
0.13	41.3	41.6	-0.3
0.15	39.5	39.9	-0.4
0.17	39.2	38.8	-0.6
0.2	38.5	36.6	+1.9
Anderes Blut.			
0.1	37.8	38.4	-0.6
0.15	34.4	34.5	-0.1
0.2	32.4	31.4	+1.0
0.3	30.2	28.2	+2.0
0.4	28.3	27.4	+0.9

Bei Natronsalpeter finden wir für alle geprüften Concentrationsgrade eine gute Uebereinstimmung mit Kalisalpeter, was wahrscheinlich an der nahen Verwandtschaft der beiden Salze liegt. Bei Chlor-

kalium ist aber die Uebereinstimmung nur für niedrige Concentrationsgrade eine gute. Stärkere Lösungen — von 0.2 Gr.-Mol. pro Liter ab — gaben kleinere Blutkörperchenvolumen als Kalisalpeter. Chlorkalium verhält sich also bei diesen Concentrationsgraden ähnlich wie Chlornatrium, Natriumacetat und mehrere Erdalkalisalze.

Oben habe ich die Annahme gemacht, dass nur diejenigen Salzlösungen, welche dasselbe wasseranziehende Vermögen wie das Blutserum besitzen, das Volumen der Blutkörperchen unverändert lassen, während verdünntere Lösungen die Blutkörperchen zum Schwellen und mehr concentrirte zum Schwinden bringen. Diese Annahme habe ich auch schon in mancherlei Weise gestützt. Es giebt aber noch eine Methode, die Richtigkeit dieser Annahme durch Centrifugiren zu prüfen. Wenn es nämlich wahr ist, dass die Blutkörperchen nach Vermischen von gleichen Volumina Blut und einer verdünnten Salzlösung schwellen, weil der osmotische Druck oder das wasseranziehende Vermögen des Salzserums niedriger wird als das des Serums allein, so müssen die Blutkörperchen noch mehr schwellen, wenn dasselbe Blut mit noch mehr von derselben Salzlösung vermischt wird; dadurch wird nämlich der osmotische Druck des Serums noch mehr vermindert. In derselben Weise werden die Blutkörperchen, wenn sie überhaupt durch eine Salzlösung zum Schwinden gebracht werden, um so mehr ihr Volumen vermindern, je mehr von der Salzlösung zugesetzt wird. Nur bei solchen Salzlösungen, welche das Volumen der Blutkörperchen nicht verändern, wird das Blutkörperchenvolumen von der Menge der zugesetzten Salzlösung unabhängig sein.

Nun könnte man glauben, dass diese Verhältnisse in der Weise zu untersuchen seien, dass dasselbe Blut in einem Falle mit einem Volumen Salzlösung und in einem anderen mit z. B. drei Volumina vermischt und diese Gemische zugleich centrifugirt würden; wenn das Blutkörperchenvolumen der Mischung aus 1 Vol. Blut und 3 Vol. Salzlösung mehr resp. weniger als die Hälfte des Blutkörperchenvolumens der Mischung aus 1 Vol. Blut und 1 Vol. Salzlösung ausmache, würde das beweisen, dass die Salzlösung die Blutkörperchen zum Schwellen resp. zum Schwinden bringe. So einfach stellt sich aber die Sache nicht. Es hat sich nämlich gezeigt, dass zwei Blutkörperchenvolumina nur dann zu vergleichen sind, wenn sie etwa dieselbe Grösse haben. Um dies zu begründen, will ich einige Versuche darlegen. Zugleich wurde dasselbe Blutgemisch in zwei Röhrchen centrifugirt, von welchen das eine 70, das andere 35.<sup>mm</sup> lang war. Die beiden Röhrchen waren

beim Centrifugiren in der Weise befestigt, dass ihre äusseren Enden gleich weit von der Umdrehungsachse entfernt waren. Das Centrifugiren wurde fortgesetzt, bis die Blutkörperchenvolumina sich während 1 Minute nicht merkbar zusammenzogen.

**Versuch 1. Mischung aus 1 Vol. Blut und 1 Vol. 0.6procentiger Kochsalzlösung.**

Das Blutkörperchenvolumen im längeren Rohre wurde = 37.5 Vol.-Proc.  
 „ „ „ kürzeren „ „ = 36.4 „

**Versuch 2. Dieselbe Blutmischung.**

Das Blutkörperchenvolumen im längeren Rohre wurde = 37.5 Vol.-Proc.  
 „ „ „ kurzen „ „ = 36.2 „

**Versuch 3. Mischung aus 1 Vol. Blut mit 1 Vol. 0.6procentiger Kochsalzlösung.**

Das Blutkörperchenvolumen im längeren Rohre wurde = 42.3 Vol.-Proc.  
 „ „ „ kurzen „ „ = 41.2 „

**Versuch 4. Dieselbe Blutmischung.**

Im längeren Rohre wurde erhalten . . . . . 42.3 Vol.-Proc.  
 „ kurzen „ „ „ . . . . . 41.0 „

Wie wir sehen, ist die Procentzahl des längeren Rohres überall grösser als die des kurzen Rohres oder die Blutkörperchenschicht des längeren Röhrchens macht überall mehr als das Doppelte der des kurzen Rohres aus. Um dies zu verstehen, müssen wir Folgendes beachten. Da in beiden Röhrchen dasselbe Blutgemisch centrifugirt wurde, das eine Rohr aber nur halb so lang war wie das andere, würde, wenn der Grad des Zusammenpressens in beiden Röhren derselbe wäre, das Blutkörperchenvolumen des kleineren Rohres gerade die Hälfte des Blutkörperchenvolumens des längeren Rohres ausmachen. Weil aber die äusseren Enden der Röhren sich gleich weit von der Umdrehungsachse befinden, wird nur die äussere Hälfte der Blutkörperchenschicht des längeren Rohres in demselben Grade zusammengepresst wie die des kürzeren Rohres. Die innere Hälfte wird aber nicht ebensofest zusammengepresst, weil sie sich nicht ebensoweit von der Umdrehungsachse befindet; ihr Volumen wird also ein wenig grösser sein. Die Centrifugalkraft, d. h. hier der Grad des Zusammenpressens, ist nämlich dem Radius, d. h. dem Abstand von der Umdrehungsachse, direct proportional.

Wo also die Blutkörperchenschicht des einen Rohres die doppelte Länge der des anderen Rohres einnimmt, wird der Grad des Zusammenpressens derart verschieden sein, dass die Volumina nicht zu vergleichen sind. Ueberhaupt sind die beiden Blutkörperchenschichten nur da zu vergleichen, wo sie etwa dieselbe Grösse haben.

Dass die Verschiedenheit der Blutkörperchenvolumina am Grade des Zusammenpressens liegt, wird auch daraus ersichtlich, dass die Differenz der Blutkörperchenvolumina in demselben Grade kleiner wird, als die Blutkörperchen fester zusammengepresst werden. Je länger das Centrifugiren fortgesetzt wird, um so mehr wird nämlich die Differenz vermindert, bis die beiden Blutkörperchenvolumina sich nicht mehr zusammenziehen, wie aus folgenden Versuchen zu ersehen ist.

Zeit des Centri- fugirens Minuten	Blutkörperchenvolumina		Differenz %
	im längeren Rohre %	im kurzen Rohre %	
Mischung aus 1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung von 0.15 Gr.-Mol. pro Liter.			
10	52.1	47.2	4.3
15	50.0	46.4	3.6
20	47.5	45.4	2.1
25	46.6	45.4	1.2
30	46.6	45.4	1.2
1 Vol. Blut und 1 Vol. KCl-Lösung von 0.15 Gr.-Mol. pro Liter.			
10	53.7	48.6	5.1
15	50.6	46.0	4.6
20	48.8	45.6	3.2
25	47.3	45.2	2.1
30	46.6	45.1	1.5
35	46.6	45.1	1.5
1 Vol. Blut und 1 Vol. KNO <sub>3</sub> -Lösung von 0.15 Gr.-Mol. pro Liter.			
10	52.2	48.0	4.2
15	50.3	46.4	3.9
20	49.0	46.0	3.0
25	47.8	45.6	2.2
30	46.8	45.4	1.4
35	46.7	45.4	1.3

Wie ersichtlich, wurde das Volumen im kurzen Rohre früher constant als im längeren, was dadurch zu erklären ist, dass die Blutkörperchensäule im längeren Rohre etwa das Doppelte der des kurzen Rohres ausmachte, wodurch das Zusammenpressen derselben bis zum constanten Volumen eine längere Zeit in Anspruch nehmen muss.



Um zu erreichen, dass die Blutkörperchenschichten in beiden Röhren etwa dieselbe Länge einnehmen, wodurch sie unter sich verglichen werden können und ausserdem das Centrifugiren auch etwa dieselbe Zeit in Anspruch nehmen wird, bin ich folgendermassen verfahren.

In einem Probirröhrchen wurde das Blut mit einem Volumen Salzlösung vermischt und in einem anderen mit drei Volumina derselben Lösung; das erste Gemisch enthielt also die Hälfte und das andere den vierten Theil Blut. Zugleich wurden dann die beiden Gemische centrifugirt und zwar das erste in einem Rohre von 35 mm Länge und das zweite in einem Rohre von 70 mm. Die äusseren Enden der beiden Röhren befanden sich in demselben Abstand von der Umdrehungsachse. Wenn die gebrauchte Salzlösung das Volumen der Blutkörperchen nicht beeinflusst, so wird man also in beiden Röhren das nämliche Volumen bekommen; bringt aber die Salzlösung die Blutkörperchen zum Schwellen oder zum Schwinden, so wird man im längeren Rohre ein grösseres resp. kleineres Blutkörperchenvolumen finden als im kürzeren Rohre. Die Differenz der beiden Volumina wird natürlich desto grösser sein, einen je grösseren Einfluss die Salzlösung auf das Blutkörperchenvolumen ausübt. In den folgenden Tabellen sind die Resultate dieser Untersuchungen enthalten. In die verschiedenen Spalten sind eingetragen:

in die erste: Concentration der Salzlösung (Gr.-Mol. pro Liter);

in die zweite: Gehalt des Blutes an Blutkörperchen, wie es sich aus der Grösse der Blutkörperchenschicht des längeren Rohres berechnet;

in die dritte: Blutkörperchengehalt, aus dem Blutkörperchenvolumen des kleineren Rohres berechnet;

in die vierte: Differenz der Zahlen der zweiten und dritten Spalte.

Gr.-Mol. pro Liter	Blutkörperchenvolumina		Differenz
	70 <sup>mm</sup> Rohr, 1 Vol. Blut u. 3 Vol. Lösung	35 <sup>mm</sup> Rohr, 1 Vol. Blut u. 1 Vol. Lösung	
	$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	
Kalisalpeter.			
0.1	55.6	53.4	+2.2
0.14	49.8	49.2	+0.6
0.2	43.6	44.4	-0.8
0.26	40.0	41.4	-1.4
Chlornatrium.			
0.1	54.4	52.4	+2.0
0.14	49.4	48.8	+0.6
0.2	44.4	44.8	-0.4
0.26	40.0	42.0	-2.0

Bei den Salzen der Erdalkalien wird zunächst diejenige mol. Concentration ( $e$ ) angegeben, welche nach oben gemachten Berechnungen denselben osmotischen Druck besitzt wie eine Kalisalpeterlösung von 0.1 Gr.-Mol. pro Liter. Die Zahlen der ersten Spalte geben an, wie viele Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter der gebrauchten Concentration entspricht.

Concentration	Blutkörperchenvolumina		Differenz  %
	70 <sup>mm</sup> Rohr	35 <sup>mm</sup> Rohr	
	1 Vol. Blut u. 3 Vol.	1 Vol. Blut u. 1 Vol.	
	Lösung	Lösung	
	%	%	
Chlorcalcium ( $e = 0.0742$ ).			
0.1	56.4	54.4	+2.0
0.14	49.6	49.2	+0.4
0.2	44.6	45.0	-0.4
0.3	39.4	41.2	-1.8
Chlorbaryum ( $e = 0.0745$ ).			
0.14	39.4	38.8	+0.6
0.2	36.6	36.6	0
0.3	33.0	33.6	-0.6
Chlorstrontium ( $e = 0.0748$ ).			
0.1	49.8	46.6	+3.2
0.14	42.0	41.6	+0.4
0.16	39.6	39.6	0
0.2	36.8	37.0	-0.2
0.3	34.6	35.2	-0.6
Baryumnitrat ( $e = 0.081$ ).			
0.1	51.6	48.8	+2.8
0.14	45.4	44.8	+0.6
0.2	40.0	41.0	-1.0
0.3	37.2	38.2	-1.0

Wir finden also, dass alle Salze, die in dieser Beziehung untersucht worden sind, bei der Concentration 0.1 bis 0.14 Gr.-Mol. pro Liter die Blutkörperchen zum Schwellen bringen, während dieselben Salze in concentrirteren Lösungen — etwa von 0.2 Gr.-Mol. pro Liter ab — das Volumen der Blutkörperchen zum Schwinden veranlassen. Eine Concentration, die zwischen 0.14 und 0.2 Gr.-Mol. pro Liter liegt, würde demnach auf das Volumen der Blutkörperchen keinen Einfluss ausüben. Die Genauigkeit der eben gebrauchten Untersuchungsmethode ist nicht

so gross, dass man durch diese Methode die Concentration, welche die Blutkörperchen unverändert lässt, genauer bestimmen kann. Indessen stimmen, wie ersichtlich, die gefundenen Resultate mit meiner vorher gemachten Annahme in Bezug auf die Volumveränderungen der Blutkörperchen gut überein. Nach derselben sollte eine Concentration von etwa 0.17 Gr.-Mol. pro Liter auf das Volumen der Blutkörperchen keinen Einfluss ausüben, während verdünntere Lösungen das Volumen vermehren und concentrirtere dasselbe vermindern.

Nachdem die eben erwähnten Versuche schon ausgeführt waren, bin ich auf den Gedanken gekommen, den Einfluss einer Salzlösung auf das Volumen der Blutkörperchen auf die Weise zu untersuchen, dass im kurzen Rohre das Blut ohne etwaigen Zusatz centrifugirt wird, während das längere Rohr eine Mischung aus 1 Vol. Blut und 1 Vol. der zu prüfenden Salzlösung enthält. Da also die beiden Röhren dieselbe Menge Blut enthalten, wird man ja, wenn die Salzlösung keinen Einfluss auf das Volumen der Blutkörperchen ausübt, in beiden Röhren dasselbe Volumen erhalten. Je nachdem aber die Salzlösung die Blutkörperchen zum Schwellen oder zum Schwinden bringt, wird man im längeren Rohre ein grösseres oder kleineres Volumen als im kurzen bekommen.

Natürlich wird man das Centrifugiren so lange fortsetzen müssen, bis das Volumen in beiden Röhren constant geworden ist. Um so genaue Resultate wie möglich zu bekommen, habe ich bei diesen Versuchen so lange centrifugirt, bis die Volumina während 5 Minuten keine Veränderungen erlitten. Die Centrifuge wurde wie früher durch einen elektrischen Motor mit constanter Umdrehungsgeschwindigkeit getrieben. Es wurden in der Minute etwa 6000 Umdrehungen gemacht. Bei einigen Versuchen habe ich defibrinirtes Blut gebraucht; sonst habe ich Blut verwendet, dessen Coaguliren durch Vermischen mit oxalsaurem Natron (1<sup>g</sup> auf 1 Liter Blut) verhindert wurde.

Zunächst habe ich untersucht, ob das Blutkörperchenvolumen im unverdünnten Blute schneller oder langsamer bis zum constanten Volumen zusammengepresst wird, als in dem mit Salzlösung versetzten Blute. Dabei habe ich gefunden, dass wenigstens bei den untersuchten Concentrationsgraden der Salzlösung die Blutkörperchen des Rinds- und Schafblutes sich langsamer zusammenpressen lassen im Blute ohne etwaigen Zusatz, als wenn das Blut mit Salzlösung versetzt wird; beim Pferdeblute dagegen wird das Blutkörperchenvolumen des unverdünnten Blutes eher constant, als das des mit Salzlösung gemischten Blutes, was alles aus folgenden Versuchen zu ersehen ist.

## Nicht defibrinirtes Rindsblut (Oxalatblut).

Zeit des Centrifugirens	70 <sup>mm</sup> Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol.p.Liter	35 <sup>mm</sup> Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	‰	‰	‰
20	43.7	44.2	-0.5
25	42.7	43.1	-0.4
30	42.4	42.3	-0.1
35	42.2	41.6	+0.6
40	42.1	41.1	+1.0
45	42.0	40.5	+1.5
50	41.8	40.2	+1.6
55	41.8	40.2	+1.6

## Defibrinirtes Rindsblut.

Zeit des Centrifugirens	70 <sup>mm</sup> Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol.p.Liter	35 <sup>mm</sup> Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	‰	‰	‰
20	44.5	47.2	-2.7
25	43.5	46.2	-2.7
30	42.7	45.4	-2.7
35	42.1	44.8	-2.7
40	41.6	43.8	-2.2
45	41.3	42.9	-1.6
50	41.3	42.4	-1.1
55	41.3	42.1	-0.8
60	41.3	42.0	-0.7
65	41.3	42.0	-0.7

## Nicht defibrinirtes Rindsblut (Oxalatblut).

Zeit des Centrifugirens	70 <sup>mm</sup> Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol.p.Liter	35 <sup>mm</sup> Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	‰	‰	‰
35	38.4	39.6	-1.2
40	38.3	38.8	-0.5
45	38.2	38.5	-0.3
50	38.0	38.2	-0.2
55	38.0	37.9	-0.1
60	38.0	37.9	-0.1

## Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Zeit des Centrifugirens Minuten	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.17 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
	%	%	
40	36.6	37.4	-0.8
45	36.5	37.2	-0.7
50	36.5	37.0	-0.5
55	36.5	37.0	-0.5

## Nicht defibrinirtes Schafblut (Oxalatblut).

Zeit des Centrifugirens Minuten	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
	%	%	
5	50.5	52.6	-2.1
10	46.3	46.0	+0.3
15	44.4	44.4	0
20	43.0	42.7	+0.3
25	41.7	40.6	+1.1
30	41.4	40.4	+1.0
35	41.2	39.6	+1.6
40	40.8	39.0	+1.8
45	40.7	38.8	+1.9
50	40.5	38.6	+1.9
55	40.5	38.6	+1.9

## Nicht defibrinirtes Pferdeblut (Oxalatblut).

Zeit des Centrifugirens Minuten	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.17 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
	%	%	
5	46.8	45.0	+1.8
10	44.7	43.6	+1.1
15	43.2	43.2	0
20	42.2	42.8	-0.6
25	41.7	42.7	-1.0
30	41.6	42.6	-1.0
35	41.4	42.4	-1.0
40	41.4	42.4	-1.0

## Dasselbe Blut.

Zeit des Centrifugirens	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	%	%	%
5	47.8	44.9	+2.9
10	45.7	43.6	+2.1
15	44.3	43.0	+1.3
20	43.2	42.6	+0.6
25	42.7	42.5	+0.2
30	42.5	42.4	+0.1
35	42.5	42.4	+0.1

## Dasselbe Blut.

Zeit des Centrifugirens	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	%	%	%
5	49.0	44.6	+4.4
10	46.4	43.2	+3.2
15	44.7	42.6	+2.1
20	43.5	42.2	+1.3
25	43.3	42.2	+1.1
30	43.3	42.2	+1.1
35	43.3	42.2	+1.1

## Nicht defibriniertes Pferdeblut (Oxalatblut).

Zeit des Centrifugirens	70 mm Rohr. 1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.17 Gr.-Mol.p.Liter	35 mm Rohr. Ungemischtes Blut	Differenz
Minuten	%	%	%
5	47.7	44.8	+2.9
10	45.3	43.6	+1.7
15	44.6	42.8	+1.8
20	43.6	42.5	+1.1
25	42.7	42.2	+0.5
30	42.3	42.1	+0.2
35	42.0	42.0	0
40	42.0	41.9	-0.1
45	42.0	41.9	-0.1

## Dasselbe Blut.

Zeit des Centrifugirens	70 <sup>mm</sup> Rohr.	35 <sup>mm</sup> Rohr.	Differenz
	1 Vol. Blut u. 1 Vol. NaCl-Lösung, 0·18 Gr.-Mol. p. Liter	Ungemischtes Blut	
Minuten	o/o	o/o	o/o
5	47·0	44·5	+2·5
10	45·1	43·6	+1·5
15	43·8	42·8	+1·0
20	42·8	42·6	+0·2
25	42·0	42·2	-0·2
30	41·7	42·0	-0·3
35	41·4	41·8	-0·4
40	41·4	41·7	-0·3
45	41·4	41·7	-0·3

Wie aus diesen Versuchen ersichtlich, wird die Differenz bei Rinds- und Schaffblut bei fortgesetztem Centrifugiren immer algebraisch grösser, während dieselbe bei Pferdeblut abnimmt, bis ein constanter Werth erhalten wird. In Bezug auf das Verhalten der Blutkörperchen bedeutet dies, dass bei Rinds- und Schaffblut das Zusammenpressen der Blutkörperchen bis zum constanten Volumen im unverdünnten Blute langsamer geschieht, als in dem mit Salzlösung gemischten Blute, dass sich aber das Pferdeblut in dieser Beziehung gerade umgekehrt verhält. Dies bringt das mit sich, dass beim Pferdeblut das Centrifugiren eine kürzere Zeit in Anspruch nimmt, als bei Rinds- oder Schaffblut. Bei Rindsblut habe ich in einigen Fällen das Centrifugiren bis 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunde fortsetzen müssen, um in beiden Röhren ein constantes Volumen zu erhalten.

Ich gehe jetzt zu den Versuchen über, durch welche ich zu entscheiden versucht habe, welche Concentration einer Salzlösung auf das Volumen der Blutkörperchen keinen Einfluss ausübt. Aus den schon erwähnten Untersuchungen konnte ich schliessen, dass die fragliche Concentration zwischen den Grenzen 0·15 und 0·19 Gr.-Mol. pro Liter zu suchen sei. Diese Annahme war ja schon aus den vergleichenden Untersuchungen mit Kalisalpeter und anderen Salzen sehr wahrscheinlich, und dieselbe wurde noch mehr durch das gleichzeitige Centrifugiren in langen und kurzen Röhren gestützt, wobei im längeren Rohre 1 Volumen Blut und 3 Volumen Salzlösung und im kurzen 1 Volumen Blut und 1 Volumen Salzlösung centrifugirt wurden. Wenn man aber im kurzen Rohre unverdünntes Blut und im längeren 1 Volumen Blut und 1 Volumen Salzlösung untersucht, dürfte man wohl erwarten können,

dass die Einwirkung der Salzlösung auf das Volumen der Blutkörperchen deutlicher hervortreten würde, als im vorigen Falle. Dies wurde auch durch folgende Versuche bestätigt, und ich habe also durch diese Methode die gesuchte Concentration genauer als früher bestimmen können. Immer habe ich Kochsalzlösungen zum Vermischen mit dem Blute verwendet. Bei den Untersuchungen bin ich so verfahren, dass im kurzen Rohre unverdünntes Blut und im längeren eine Mischung aus 1 Volumen Blut und 1 Volumen einer beliebig gewählten Salzlösung, z. B. von 0.17 Gr.-Mol. pro Liter centrifugirt wurden; waren, nachdem das Centrifugiren bis zum constanten Volumen fortgesetzt worden war, die Blutkörperchenvolumina in beiden Röhren gleich gross, so war ja zugleich die Concentration gefunden, die sich gegen die Blutkörperchen indifferent verhielt; wenn aber das Volumen im längeren Rohre z. B. etwas grösser war, als das im kurzen, so wurde beim erneuten Versuche im längeren Rohre ein Gemisch aus 1 Volumen Blut und 1 Volumen Salzlösung von 0.18 Gr.-Mol. pro Liter und im kurzen wieder nur Blut centrifugirt. Nehmen wir an, dass jetzt das Volumen des längeren Rohres etwas kleiner wurde als das des kurzen, so war ja die richtige Concentration zwischen den Grenzen 0.17 und 0.18 Gr.-Mol. pro Liter eingeschlossen. Dieselbe wurde dann durch Interpoliren berechnet.

#### Versuch 1. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut gab beim ersten Centrifugiren . . .	36.5 Proc.,
„ „ „ „ zweiten „ . . .	36.5 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol. pro Liter ergab	37.3 „
„ „ „ „ „ 0.17 „ „ „	36.3 „
Also die gesuchte Concentration = 0.168 Gr.-Mol. pro Liter = 0.98% pro 100 <sup>ccm</sup>	

#### Versuch 2. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut gab beim ersten Centrifugiren . . .	44.4 Proc.,
„ „ „ „ zweiten „ . . .	44.4 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol. pro Liter ergab	45.3 „
„ „ „ „ „ 0.17 „ „ „	44.3 „
Gesuchte Concentration = 0.169 Gr.-Mol. pro Liter = 0.99% pro 100 <sup>ccm</sup> .	

#### Versuch 3. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut gab beim ersten Centrifugiren . . .	39.0 Proc.,
„ „ „ „ zweiten „ . . .	38.9 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol. pro Liter ergab	39.8 „
„ „ „ „ „ 0.17 „ „ „	38.6 „
Gesuchte Concentration = 0.167 Gr.-Mol. pro Liter = 0.98% pro 100 <sup>ccm</sup> .	



## Versuch 4. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut gab beim ersten Centrifugiren . . .	37.0 Proc.,
„ „ „ „ „ zweiten „ . . .	37.0 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol. pro Liter ergab	37.7 „
„ „ „ „ „ 0.17 „ „ „	36.5 „
Gesuchte Concentration = 0.166 Gr.-Mol. pro Liter = 0.97 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 5. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut ergab . . . . .	37.9 Proc.,
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.17 Gr.-Mol. pro Liter ergab	38.0 „
„ „ „ „ „ 0.18 „ „ „	37.7 „
Gesuchte Concentration = 0.173 Gr.-Mol. pro Liter = 1.01 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 6. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut ergab beim ersten Centrifugiren . . .	36.2 Proc.,
„ „ „ „ „ zweiten „ . . .	36.2 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.17 Gr.-Mol. pro Liter ergab	36.3 „
„ „ „ „ „ 0.18 „ „ „	35.5 „
Gesuchte Concentration = 0.171 Gr.-Mol. pro Liter = 1.0 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 7. Dasselbe Blut defibrinirt.

Unverdünntes Blut ergab . . . . .	38.2 Proc.,
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol. pro Liter ergab	38.2 „
Gesuchte Concentration = 0.15 Gr.-Mol. pro Liter = 0.88 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 8. Nicht defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut ergab beim ersten Centrifugiren . . .	36.1 Proc.,
„ „ „ „ „ zweiten „ . . .	36.1 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.16 Gr.-Mol. pro Liter ergab	36.9 „
„ „ „ „ „ 0.17 „ „ „	36.1 „
Gesuchte Concentration = 0.17 Gr.-Mol. pro Liter = 0.99 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 9. Dasselbe Blut defibrinirt.

Unverdünntes Blut ergab beim ersten Centrifugiren . . .	37.0 Proc.,
„ „ „ „ „ zweiten „ . . .	37.0 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.15 Gr.-Mol. pro Liter ergab	37.3 „
„ „ „ „ „ 0.16 „ „ „	36.5 „
Gesuchte Concentration 0.154 Gr.-Mol. pro Liter = 0.90 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 10. Defibrinirtes Rindsblut.

Unverdünntes Blut ergab beim ersten Centrifugiren . . .	44.7 Proc.,
„ „ „ „ „ zweiten „ . . .	44.7 „
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung, 0.14 Gr.-Mol. pro Liter ergab	45.5 „
„ „ „ „ „ 0.15 „ „ „	44.5 „
Gesuchte Concentration = 0.148 Gr.-Mol. pro Liter = 0.87 % pro 100 <sup>ccm.</sup>	

## Versuch 11. Nicht defibrinirtes Pferdeblut.

Unverdünntes Blut	ergab	beim ersten Centrifugiren	. . .	42.4 Proc.,
"	"	"	" zweiten	" . . . 42.4 "
"	"	"	" dritten	" . . . 42.2 "
Das Mittel =				42.3 "
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung,	0.15 Gr.-Mol. pro Liter	ergab		43.3 "
" " " "	0.16	" " "		42.5 "
" " " "	0.17	" " "		41.4 "
Gesuchte Concentration = 0.162 Gr.-Mol. pro Liter = 0.95 % pro 100 <sup>ccm</sup> .				

## Versuch 12. Nicht defibrinirtes Pferdeblut.

Unverdünntes Blut	ergab	beim ersten Centrifugiren	. . .	41.9 Proc.,
"	"	"	" zweiten	" . . . 41.7 "
Das Mittel =				41.8 "
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung,	0.17 Gr.-Mol. pro Liter	ergab		42.0 "
" " " "	0.18	" " "		41.4 "
Gesuchte Concentration = 0.173 Gr.-Mol. pro Liter = 1.01 % pro 100 <sup>ccm</sup> .				

## Versuch 13. Nicht defibrinirtes Schafblut.

Unverdünntes Blut	ergab	beim ersten Centrifugiren	. . .	38.9 Proc.,
"	"	"	" zweiten	" . . . 38.9 "
1 Vol. Blut und 1 Vol. NaCl-Lösung,	0.17 Gr.-Mol. pro Liter	ergab		39.4 "
" " " "	0.18	" " "		38.4 "
Gesuchte Concentration = 0.175 Gr.-Mol. pro Liter = 1.02 % pro 100 <sup>ccm</sup> .				

Weil die Volumveränderungen, welche die Blutkörperchen beim Vermischen des Blutes mit einer Salzlösung erfahren, von der osmotischen Spannung der Salzlösung abhängen, wird ja, wie oben dargelegt wurde, diejenige Salzlösung, welche das Volumen der Blutkörperchen unverändert lässt, dieselbe osmotische Spannung besitzen wie das Blutplasma resp. Blutserum, je nachdem nicht defibrinirtes oder defibrinirtes Blut angewandt wurde.

Aus den gemachten Versuchen geht also zunächst hervor, dass die osmotische Spannung des Oxalatplasmas von Rindsblut, wo 1 % oxalsaures Natron in 1<sup>l</sup> Blut gelöst worden war, etwa dieselbe ist, wie die einer Chlornatriumlösung von 0.17 Gr.-Mol. pro Liter. Die osmotische Spannung des Plasmas fiel aber bei Blut von verschiedenen Thieren etwas verschieden aus; der niedrigste Werth war 0.165 Gr.-Mol. pro Liter und der grösste 0.173 Gr.-Mol. pro Liter. Das Mittel aus den bei 8 Versuchen erhaltenen Werthen ist 0.169 Gr.-Mol. pro Liter, was 0.99 % pro 100<sup>ccm</sup> entspricht. In zwei Fällen wurde Oxalatplasma von Pferdeblut untersucht, wobei die Werthe 0.162 resp. 0.173 Gr.-Mol. pro Liter erhalten wurden, welche einer procentualen Concentration

von 0.95 resp. 1.01 ( $\%$  pro 100  $\text{ccm}$ ) entsprechen. Oxalatplasma von Schafblut besass die nämliche osmotische Spannung wie eine Chlornatriumlösung von 0.175 Gr.-Mol. pro Liter (= 1.02  $\%$  pro 100  $\text{ccm}$ ).

Blut von zwei Rindern wurde defibrinirt und nicht defibrinirt untersucht. In beiden Fällen wurde im Serum eine niedrigere osmotische Spannung als im Oxalatplasma desselben Blutes erhalten. Die erhaltenen Ziffern waren in Gr.-Mol. NaCl pro Liter ausgedrückt:

	Oxalatplasma	Serum
Das Blut in Versuch 6 und 7	0.171	0.15
" " " " 8 " 9	0.17	0.154

Ausserdem wurde in Versuch 10 mit defibrinirtem Blute (die Untersuchung des nicht defibrinirten Blutes wurde versäumt) die Ziffer 0.148 erhalten.

Die osmotische Spannung des Serums scheint demnach ein wenig niedriger zu sein als die des Oxalatplasmas. Aus theoretischen Gründen können wir auch erwarten, dass dies der Fall sein wird.

Die osmotische Spannung einer Flüssigkeit wird nämlich durch den Zusatz einer löslichen Substanz vermehrt und durch das Ausfällen einer unlöslichen vermindert. Ausserdem steigt die osmotische Spannung, wenn eine gelöste Substanz gespalten wird, wodurch die Anzahl der in der Lösung vorhandenen Moleküle vermehrt wird.

Beim Zusatz von oxalsaurem Natron zum Blute wird also die osmotische Spannung des Plasmas vermehrt, was durch die Ausfällung eines Theiles der Oxalsäure als oxalsaurer Kalk theilweise compensirt wird. Es wäre möglich, dass die osmotische Spannung des Plasmas auch durch den Zerfall der weissen Blutkörperchen vergrößert wird, wobei im Plasma lösliche Substanzen (z. B. Nucleohiston) entstehen. Ausserdem findet, wie Lilienfeld neulich gezeigt hat,<sup>1</sup> auch im Oxalatblute ein Zerfall des Fibrinogens statt, wobei Trombosin und ein anderer Eiweisskörper gebildet werden, welche aber gelöst bleiben. Es scheint also sehr wahrscheinlich, dass die osmotische Spannung des Oxalatplasmas ein wenig grösser sein wird als die des im lebenden Organismus vorhandenen Plasmas.

Schwieriger stellt sich die Sache in Bezug auf das Blutserum. Bei der Fibrinbildung wird die osmotische Spannung der Flüssigkeit durch die Ausfällung des Fibrins vermindert, aber möglicherweise vermehrt durch den Zerfall der Leukocyten und vielleicht auch durch

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XX, S. 135.

andere Spaltungen. Wie sich die osmotische Spannung des Serums zu der des unveränderten Plasmas verhält, scheint demnach vorläufig unmöglich zu entscheiden. Doch dürfte es wohl wahrscheinlich sein, dass der Einfluss der Ausfällung des Fibrins, wo auch Kalk mit ausgefällt wird, die Einwirkung der Spaltungen überwiegen wird, so dass die osmotische Spannung des Serums sich niedriger stellt als die des unveränderten Plasmas.

Beim Vergleichen von Serum mit Oxalatplasma stellt sich die Sache folgendermassen dar. Die Spaltungen, welche die osmotische Spannung des Serums und des Plasmas erhöhen würden, sollen nach Lilienfeld in beiden Flüssigkeiten etwa dieselben sein; dazu kommt aber, dass das gelöste oxalsaure Natron die osmotische Spannung des Plasmas erhöht, und dass die Ausfällung des Fibrins die des Serums erniedrigt, wodurch die osmotische Spannung des Serums sich niedriger zeigen wird als die des Oxalatplasmas, was auch mit den Resultaten obenstehender Versuche übereinstimmt.

Vergleichen wir die Blutkörperchenvolumina, welche mit demselben Blute defibrinirt und nicht defibrinirt erhalten wurden, so finden wir:

	Defibrinirt %	Nicht defibrinirt %
Das Blut in Versuch 6 und 7	38.2	36.2
„ „ „ „ 8 „ 9	37.0	36.1

In beiden Fällen gab also das defibrinirte Blut ein grösseres Blutkörperchenvolumen als das nicht defibrinirte, was auch mit dem Verhältniss der osmotischen Spannungen im Einklang steht. Weil nämlich die Blutkörperchen ihr Volumen den osmotischen Verhältnissen der Zwischenflüssigkeit anpassen, müssen sie, wenn die osmotische Spannung der Flüssigkeit erniedrigt wird (z. B. beim Defibriniren), aus derselben Wasser aufnehmen und somit ihr Volumen vermehren. Und die Differenz der Blutkörperchenvolumina des defibrinirten und des nicht defibrinirten Blutes muss um so grösser sein, je mehr die osmotischen Drucke des Plasmas und des Serums verschieden sind. Darum finden wir die Differenz der Volumina in den Versuchen 7 und 6 — 2 Procent — grösser als die entsprechende Ziffer der Versuche 9 und 8 — 0.9 Procent —; die Differenz der osmotischen Drucke entsprach im ersten Falle 0.021 und im letzten 0.016 Gr.-Mol. NaCl pro Liter.

Die Resultate meiner bis jetzt erwähnten Versuche können kurz in folgender Weise zusammengefasst werden. Zunächst wurde durch Vergleichen derjenigen Blutkörperchenvolumina, welche mit isotonischen Lösungen verschiedener Salze erhalten wurden, wahrscheinlich gemacht, dass die osmotische Spannung des Blutes zwischen den Grenzen 0.15 und 0.19 Gr.-Mol. Salpeter pro Liter liegt. Zu etwa demselben Schluss führten die Untersuchungen, wo zugleich in einem 35<sup>mm</sup> langen Rohre 1 Volumen Blut und 1 Volumen Salzlösung und in einem 70<sup>mm</sup> langen Rohre 1 Volumen Blut und 3 Volumen Salzlösung centrifugirt wurden. Die fragliche Concentration näher zu bestimmen, gelang mir mittels des genannten Verfahrens nicht, wohl aber dadurch, dass ich im kurzen Rohre einfach Blut (defibrinirtes oder Oxalatblut) und im langen Rohre 1 Volumen Blut und 1 Volumen Salzlösung untersuchte. Weil das Volumen der Blutkörperchen an der osmotischen Spannung der Flüssigkeit, worin sie sich befinden, liegt, muss diejenige Concentration einer Salzlösung, welche das Volumen der Blutkörperchen unverändert lässt, mit dem Blute isotonisch sein. Die Concentration, welche im längeren Rohre dasselbe Blutkörperchenvolumen ergab, wie es im kurzen erhalten wurde, war also mit dem gebrauchten Blute isotonisch. So wurde die osmotische Spannung des Oxalatblutes von Rindern (wo in 1 Liter Blut 1<sup>g</sup> oxalsaures Natron gelöst worden war) zu etwa 0.69 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.99<sup>g</sup> NaCl pro 10<sup>ccm</sup> bestimmt. Das defibrinirte Blut besass eine niedrigere osmotische Spannung — etwa 0.151 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.88<sup>g</sup> NaCl pro 10<sup>ccm</sup>.

Die Zuverlässigkeit der Resultate wird aber noch mehr dadurch gestützt, dass Hamburger<sup>1</sup> auf noch einem anderen Wege zu dem nämlichen Schluss gelangt ist. Die Methode von Hamburger beruht auf folgenden Verhältnissen.

Wenn man ein wenig Blut in eine grössere Menge Salzlösung hineinbringt, so wirkt eine verdünnte Lösung in der Weise auf das Blut ein, dass die Blutkörperchen Farbstoff verlieren und die Lösung roth gefärbt wird; in einer concentrirteren Lösung dagegen sinken die Blutkörperchen zu Boden ohne Farbstoff abzugeben. Wenn wir demnach immer von stärkeren zu schwächeren Lösungen übergehen, so finden wir früher oder später einen Concentrationsgrad, wo die Blutkörperchen eben anfangen, Hämoglobin zu verlieren. Nach Hamburger's Versuchen haben diejenigen Lösungen verschiedener Salze, welche den Farbstoff eben zu lösen vermögen, dieselbe osmotische Span-

---

<sup>1</sup> *Arch. f. Anat. u. Phys.* Phys. Abth. 1887. S. 31 und *Zeitschr. f. Biol.*, Bd. XXVI, 1889. S. 414.

nung. Dieser Concentrationsgrad ist für verschiedene Blutsorten etwas ungleich, beträgt aber für Kalisalpeter etwa 1 Procent oder 0.1 Gr.-Mol. pro Liter.

Lässt man das Blut bei ruhigem Stehen coaguliren, so scheidet sich ein gelbes Serum ab; bringt man ein wenig von den Blutkörperchen in eine Portion solchen Serums, so verlieren die Blutkörperchen natürlich keinen Blutfarbstoff. Wird aber das Serum vorher mit destillirtem Wasser verdünnt, so kann man einen Verdünnungsgrad aufsuchen, wo das Auftreten des Farbstoffes eben anfängt.

Hamburger bestimmte für jedes Blut die Concentration einer Salzlösung, wo der Farbstoff auszutreten anfangt, und ebenso, um wieviel das Serum desselben Blutes verdünnt werden musste, damit es durch die Blutkörperchen roth gefärbt wurde. Da das Austreten des Häoglobins auf osmotischen Verhältnissen beruht, müssen die gebrauchte Salzlösung und das in angegebener Weise verdünnte Serum, die sich ja beide gegen die Blutkörperchen gleich verhielten, denselben osmotischen Druck besitzen. Daraus können wir ja leicht diejenige Concentration des gebrauchten Salzes berechnen, welche mit dem unverdünnten Serum isotonisch ist. Nehmen wir z. B. an, dass die Blutkörperchen eben anfangen, ihren Farbstoff zu verlieren, zu einer Kalisalpeterlösung von 1.01 Procent oder zu einer Chlornatriumlösung von 0.585 Procent, und dass das Serum mit sechs Zehntel Volumen Wasser verdünnt zu werden braucht, um Farbstoff auflösen zu können, so wird die Concentration ( $x$ ) der Kalisalpeterlösung, die mit dem unverdünnten Serum isotonisch ist, aus folgender Analogie erhalten:  $1.01 : x = 1 : 1.6$ ;  $x = 1.616$  Procent und die Concentration ( $y$ ) der entsprechenden Chlornatriumlösung aus der Gleichung  $0.585 : y = 1 : 1.6$ ;  $y = 0.936$  Procent.

In Bezug auf die osmotische Spannung des Blutserums ist

---

<sup>1</sup> Wie wir finden, setzt Hamburger hier voraus, dass der osmotische Druck den Gasgesetzen gehorcht, oder dass der osmotische Druck, welchen eine gelöste Substanz ausübt, sich indirect verhält wie das Volumen der Lösung oder direct wie die mol. Concentration. Es scheint der Aufmerksamkeit von Hamburger entgangen zu sein, dass dies nicht in aller Strenge für Salze in Wasserlösungen zutrifft, weil in solchen Lösungen Dissociation stattfindet und der Dissociationsgrad bei verschiedener Concentration verschieden ist. Indessen lässt sich leicht beweisen, dass der Fehler hier ausser Acht gelassen werden kann. Aus den Tabellen von Kohlrausch über das Leitungsvermögen von Kalisalpeter erhalten wir für  $100[1 + (n-1)\alpha]$  bei 0.1 Gr.-Mol. pro Liter die Zahl 181 und bei 0.16 Gr.-Mol. pro Liter die Zahl 179. Die osmotischen Drucke der beiden Lösungen werden sich also wie  $181 : 1.6 \times 179 (= 181 : 286)$  verhalten, während dieselben sich nach der Annahme von Hamburger wie  $1 : 1.6$  oder  $181 : 290$  verhalten würden.

Hamburger zu dem Schluss gekommen, dass dieselbe für verschiedene Thierspecies und auch verschiedene Individuen derselben Thierspecies ungleich ist. Für Pferd und Rind schwankt die Kochsalzlösung, welche mit dem Serum isotonisch ist, um 0.9 Procent. In den drei Fällen, wo ich defibrinirtes Blut geprüft habe, wurde das Serum mit Chlornatriumlösungen von den Concentrationen 0.88, 0.90, 0.87 Procent isotonisch gefunden, welche Werthe also mit denen Hamburger's sehr gut übereinstimmen.

Später hat Hamburger die Zuverlässigkeit seiner Methode dadurch geprüft, dass er die Resultate, welche damit erhalten werden, mit den durch Gefrierpunktsbestimmung erhaltenen verglich.<sup>1</sup> Zunächst wurde also nach Hamburger's Methode die mit dem Serum isotonische Chlornatriumlösung bestimmt und dann die osmotische Spannung des Serums durch Gefrierpunktsbestimmung ermittelt. Es zeigte sich dabei, dass die nach Hamburger gefundene Chlornatriumlösung nahezu denselben Gefrierpunkt hatte, wie das Serum. Da ja isotonische Flüssigkeiten den nämlichen Gefrierpunkt besitzen, so war dadurch die Anwendbarkeit der Methode bewiesen.

Lund, im November 1894.

---

<sup>1</sup> *Centralbl. f. Physiol.* 1893, S. 758.

# Kleinere Mittheilungen.<sup>1</sup>

Von

Prof. K. A. H. Mörner.

---

## 1. Krystalle von Carbonaten der alkalischen Erde aus Blutserum.

Als ich centrifugirtes Pferdeblutserum in der Kälte aufbewahrte, beobachtete ich, dass sich Krystalle ausschieden. Beim ersten Blick schienen sie Tripelphosphatkrystallen ähnlich zu sein.

Bei der chemischen Untersuchung der mit Wasser gewaschenen Krystalle wurden Kalk, Magnesia und Kohlensäure gefunden; Phosphorsäure dagegen fehlte gänzlich; organische Stoffe waren nicht vorhanden.

Da ich keine Angabe über die Ausscheidung solcher Krystalle aus dem Blutserum kenne, halte ich diese Beobachtung der Mittheilung werth. Sie scheint mir nämlich die Form der Bindung der alkalischen Erden des Blutserums zu beleuchten. Auf Grund dieser Beobachtung erachte ich es für ziemlich sicher, dass die alkalischen Erden, wenigstens zum Theil, als saure Carbonate gelöst sind.

Die Ausscheidung dieser Krystalle erfolgte nämlich schon in den ersten Tagen der Aufbewahrung und ohne dass die geringste Zersetzung des Serums zu bemerken war.

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 20. November 1894.



## 2. Im Muskelplasma ausgeschiedenes Kreatin.

Gelegentlich der Bereitung von Muskelplasma aus Kaninchenmuskeln, welche dem eben getödteten Thiere entnommen, stark gefroren und zerrieben waren, bemerkte ich, dass sich binnen Kurzem in dem ausgepressten und bei 0° aufbewahrten Plasma Krystalle ausschieden. Dieselben wurden aus Wasser umkrystallisirt.

Die Krystalle bildeten vierseitige Prismen mit quer geschnittenen Enden. Sie waren völlig verbrennbar. Mit Nitroprussidalkali und Natronlauge gab die Wasserlösung derselben gar keine Rothfärbung. Die mit Weingeist bereitete möglichst concentrirte Lösung eines Theiles der Krystalle gab nach Zusatz einer weingeistigen Chlorzinklösung in drei Wochen keine Krystalle. Ein anderer Theil der Krystalle wurde in Wasser gelöst und nach Zusatz von Salzsäure abgedampft. Der Rückstand wurde in Weingeist gelöst und mit einer weingeistigen Chlorzinklösung versetzt. Schon in zwei Tagen schieden sich in geringer Menge Gruppen von gut ausgebildeten prismatischen Krystallen aus. Sie wurden mit Weingeist abgespült. In Wasser waren sie ziemlich schwer löslich. Die Wasserlösung gab mit Nitroprussidalkali und Natronlauge eine rothe Farbe, die in Gelb überging. Die gelbgewordene Lösung wurde bei Zusatz von Essigsäure und Aufkochen blau und setzte blaue Flöckchen ab.

Die Menge der aus dem Plasma erhaltenen Krystalle war allzu gering, um eine Analyse zu ermöglichen. Auf Grund des Angeführten scheint es mir jedoch unzweifelhaft, dass sie aus Kreatin bestanden.

Die mitgetheilte Beobachtung scheint mir deshalb von Interesse, weil G. St. Johnson<sup>1</sup> angiebt, dass das Kreatin nicht präformirt im frischen Muskelfleische vorkomme, sondern sich durch Einwirkung von Bakterien aus Kreatinin bilde. In diesem Falle haben gewiss keine Bakterienprocesse mitgespielt.

---

## 3. Untersuchung der Blasenflüssigkeit nach Verbrennung der Haut.

Von C. Schmidt<sup>2</sup> wurde zweimal der Inhalt von Vesicatorblasen untersucht. Die organische Substanz wurde auf bezw. 9.95 Procent und 6.59 Procent und die Asche auf bezw. 1.02 Procent und 0.80 Procent bestimmt.

---

<sup>1</sup> *Proceed. of the Royal Society.* 1892. Bd. L., p. 301.

<sup>2</sup> C. Schmidt, *Zur Charakteristik der epidem. Cholera.* 1850. S. 133—134.

Ausser diesen Bestimmungen habe ich keine Analyse des Inhaltes von dergleichen Hauttranssudaten finden können. Die unten mitgetheilte Untersuchung scheint mir daher nicht ohne Interesse zu sein.

Bei einer Frau, deren Beine einer leichten Verbrennung ausgesetzt waren, entwickelten sich auf der verletzten Haut sehr grosse Blasen, deren Inhalt durch Punction entleert wurde. Die Flüssigkeit ward mir darnach von Dr. J. Rissler zugesandt.

Als ich die Flüssigkeit am Tage nach der Entleerung erhielt, hatte sich ein ziemlich grosses Fibrincoagulum ausgeschieden. Das Volumen der Flüssigkeit betrug 228 <sup>cem</sup>. Ihre Farbe war hellgelb. Die Reaction war schwach alkalisch. Das Eigengewicht der Flüssigkeit betrug 1.019.

Die Flüssigkeit war reich an Eiweiss. Nach Entfernung desselben reducirte sie eine alkalische Lösung von Kupferoxyd, wenngleich ziemlich schwach.

Die von Eiweiss befreite Flüssigkeit nahm beim Erhitzen mit einer alkalischen Bleioxydlösung gar keine dunkle Farbe an. Diese Probe wurde ausgeführt, um zu erfahren, ob sich ein bleischwärendes, nicht coagulables Derivat des Keratins vorfand, was jedoch nicht der Fall war.

Nach Entfernung des Eiweisses wurde ein Theil der Flüssigkeit mit Schwefelsäure angesäuert und mit Aether geschüttelt. Der Aether nahm dabei keine reducirende Substanz auf. Anlässlich des Vorkommens von Brenzkatechin in der Cerebrospinalflüssigkeit (Halliburton<sup>1</sup>) schien es mir von Interesse, diese Probe auszuführen.

Von der ursprünglichen Flüssigkeit wurde (nach Entfernen des Fibrins) 1 <sup>cem</sup> einer kleinen Maus subcutan eingespritzt. Von Vergiftungssymptomen war darnach nichts zu sehen.

Die Analyse der Flüssigkeit gab folgende Ergebnisse:

Das aus 228 <sup>cem</sup> spontan ausgeschiedene Fibrin betrug aschenfrei (Asche = 6.4 <sup>mg</sup>) 25.2 <sup>mg</sup>, was auf 100 <sup>cem</sup> 0.011 <sup>g</sup> ausmacht.

Der Trockenrückstand betrug 6.119 <sup>g</sup> auf 100 <sup>cem</sup>.

Die durch Kochen nach schwachem Ansäuern mit Essigsäure ausgeschiedene Eiweissmenge betrug auf 100 <sup>cem</sup> 5.031 <sup>g</sup>. Die Globulin-substanzen wurden nach Verdünnen mit Magnesiumsulfatlösung durch Sättigen mit Magnesiumsulfat bei 30 bis 34° ausgefällt und in üblicher Weise bearbeitet. Die Menge derselben war in 100 <sup>cem</sup> = 1.359 <sup>g</sup>. Das Verhältniss des Globulins zum Albumin war wie 1:2.7.

In 100 <sup>cem</sup> fand sich 0.050 <sup>g</sup> in Wasser unlösliche Asche und 0.828 <sup>g</sup> lösliche Asche vor, welche alkalisch reagirte. Die unlösliche Asche enthielt Kalk, Magnesia, Phosphorsäure und Spuren von Eisen.

<sup>1</sup> *Journal of Physiology.* Bd. X. S. 249.

Skandin. Archiv. V.

Die lösliche Asche enthielt Chlorkalium und Chlornatrium nebst Carbonaten, wie auch Spuren von Sulfaten und Phosphaten. Von Aschenbestandtheilen wurden folgende bestimmt:

	In 100 <sup>ccm</sup>
CaO . . . . .	0.016 g
MgO . . . . .	0.003 g
KCl . . . . .	0.036 g
NaCl . . . . .	0.582 g
Na <sub>2</sub> O (als Carbonat, Sulfat und Phosphat) .	0.114 g

### Analyse des Inhaltes einer Pancreascyste.

Die Cyste, welche durch ein Trauma entstanden war, wurde von Prof. John Berg als eine Pancreascyste erkannt und operirt. Der Inhalt wurde mir zur Untersuchung überliefert. Ein Theil desselben (300 <sup>ccm</sup>) war trübe und ungefärbt. Ein anderer Theil war von einigem Blute schwach röthlich gefärbt. Dieser Theil wurde zur Aschenanalyse gebraucht.

Bei mikroskopischer Durchmusterung wurde in der blutfreien Flüssigkeit folgendes Gebilde wahrgenommen: Zellen, von dem Aussehen lymphoider Zellen, reichlich mit Körnern angefüllt; undeutlich conturirte, zu Häufchen zusammengebackene Zellen, die nur undeutliche Körner enthielten; freie Körner fanden sich reichlich; fein vertheiltes Fett, wie im Chylus, war nicht zu sehen.

Das Eigengewicht der Flüssigkeit war 1.009. Die Reaction war stark alkalisch.

Diastatisches Ferment war reichlich vorhanden. In einer Minute war Stärkekleister verflüssigt und gab starke Zuckerreaction.

Bei alkalischer Reaction unter Verhütung der Fäulniss durch Zusatz von Thymol wurde sowohl gekochtes wie ungekochtes Fibrin ohne vorhergehende Quellung gelöst. Dies forderte jedoch bis 10 Stunden. Die Controlprobe des Fibrins, bei ebenso stark alkalischer Reaction mit Wasser digerirt, wurde nicht verändert.

Ein Auftreten von Buttersäuregeruch bei Digestion mit neutralem Butterfett war nicht deutlich zu erkennen. Fettzersetzendes Ferment war also nicht deutlich nachzuweisen.

Um auf Zymogen des eiweissverdauenden Fermentes zu prüfen, wurde die Flüssigkeit durch Essigsäure angesäuert, einige Zeit stehen gelassen und dann durch Soda wieder alkalisch gemacht. Das Fibrin wurde dann nicht rascher, sondern eher langsamer als vorher digerirt.

Die Flüssigkeit gab bei der Neutralisation einen sehr unbedeutenden flockigen Niederschlag. Bei Zusatz von Essigsäure im Ueberschuss entwich Kohlensäure.

Um auf Pepton (und Albumosen) zu prüfen, wurde das coagulable Eiweiss durch Aufkochen mit Ferriacetat entfernt, die Flüssigkeit dann mit Phosphorwolframsäure gefällt, dieser Niederschlag mit Baryumhydrat zersetzt und durch die Biuretreaction geprüft. Es fanden sich nur Spuren von Pepton vor. Zucker war nicht anzutreffen.

Die quantitativen Bestimmungen ergaben folgende Resultate:

Die in der Flüssigkeit aufgeschwemmten Gebilde machten in 100<sup>cem</sup> 0.0178 g aus. In 100<sup>cem</sup> filtrirter Flüssigkeit fanden sich:

Trockensubstanz . . . . .	1.45 g
Davon in Alkohol lösliche (nur schwach phosphorhaltige) Substanz	0.15 g
„ Albumin nach Hammarsten . . . . .	0.15 g
„ Globulin „ „ . . . . .	0.12 g
„ Asche { in Wasser unlöslich 0.018 g }	0.90 g
„ „ „ löslich 0.882 g }	

Die in Wasser unlösliche Asche enthielt Kalk und Magnesia, hauptsächlich als Phosphate.

	In 100 <sup>cem</sup>
CaO . . .	0.0066 g
MgO . . .	0.0013 g
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.0060 g

Die in Wasser lösliche Asche enthielt Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Kalium und Natrium. Die Zusammenrechnung der einzelnen Bestimmungen gab folgendes Resultat:

	In 100 <sup>cem</sup>
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . .	0.033 g
KCl . . .	0.004 g
NaCl . . .	0.646 g
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . . .	0.177 g
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . . .	0.015 g
Sa.	0.875 g

In ihrer Zusammensetzung war die Flüssigkeit von dem normalen Pancreassaft sehr verschieden. Der von Zawadzky<sup>1</sup> untersuchte Pancreassaft eines Menschen war reich an Eiweissstoff (9.205 Procent) und scheint auch reicher an Enzymen gewesen zu sein.

Die Asche hatte ziemlich dieselbe Zusammensetzung wie die von

<sup>1</sup> Maly, Jahresber. ü. d. Fortschr. d. Thier-Chemie. Bd. XXI. S. 214.

Bidder und Schmidt<sup>1</sup> für den Pancreassaft des Hundes angegebene; auch hier waren die Natriumsalze, besonders das Chlornatrium, vorherrschend.

Von Hoppe-Seyler<sup>2</sup> und von E. Herter<sup>3</sup> wurde in zwei Fällen von Verschluss des Pancreasausführungsganges bei Menschen die bei der Section gesammelte Flüssigkeit (bezw. 5·655 g und 2 g) in den erweiterten Drüsengängen untersucht. Im Falle von Hoppe-Seyler war die Flüssigkeit frei von Fermenten. Die von Herter untersuchte Flüssigkeit wirkte auf Stärke, Eiweiss und Fett ebenso wie der normale Pancreassaft ein. In beiden Fällen war die Flüssigkeit etwas reicher an organischen Stoffen, aber ärmer an Salzen wie in dem oben beschriebenen Falle. Die Zusammensetzung der Asche dieser kleinen Flüssigkeitsmengen wurde nicht ermittelt.

### 5. Eine Reaction auf Acetessigsäure im Harn.

Wenn man einen Harn, der Acetessigsäure enthält, mit ein wenig Jodkalium und Eisenchlorid im Ueberschuss versetzt, und dann aufkocht, so werden Dämpfe entwickelt, welche auf die Augen und die Schleimhaut der Nase stark reizend einwirken. Nach dem Erkalten ist die reizende Eigenschaft der Dämpfe weniger hervortretend, bei Gegenwart einer grösseren Menge der Acetessigsäure auch dann sehr deutlich. Diese Dämpfe sind von denen des Jods, welche bei Zusatz eines Ueberschusses an Jodkalium entwickelt werden, leicht zu unterscheiden.

Bei Untersuchung mehrerer Harnproben wurde diese Reaction stets erhalten, wo die Eisenchloridreaction der Acetessigsäure positiv ausfiel. Wenn die Acetessigsäure durch Kochen des Harns zerstört wurde, so blieb auch diese Reaction aus. Es war mir bisher in mehreren Jahren nicht möglich, eine hinreichende Menge Harn, die reich an Acetessigsäure war, zu erhalten, um die Reaction mehr eingehend zu verfolgen. Nach dem Vorkommen der Reaction zu beurtheilen, betrachte ich sie jedoch als eine Reaction der Acetessigsäure, und halte es für wahrscheinlich, dass die reizenden Dämpfe von Jodaceton herrühren.

Die Reaction ist völlig ebenso empfindlich als die Probe mit Eisenchlorid.

Stockholm, im November 1894.

<sup>1</sup> J. Bidder und C. Schmidt, *Die Verdauungssäfte*. 1852. S. 245.

<sup>2</sup> *Physiologische Chemie*. 1877. S. 268.

<sup>3</sup> *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. 1880. Bd. IV. S. 160.

# Physiologisch-chemische Beobachtungen über Salzsäure.<sup>1</sup>

Von

John Sjöqvist.

---

(Hierzu Taf. VII—VIII.)

---

## Historischer Rückblick.

In der älteren medizinischen Litteratur findet man einzelne Angaben, dass der Mageninhalt während des Digestionsprocesses sauer reagirt. Einer der ersten, welcher eine solche Beobachtung gemacht hat und, soweit ich gefunden, der erste, welcher der saueren Reaction eine Bedeutung für die Digestionsprocesse zuschreibt, ist van Helmont (1), dessen Ansicht sich später mehrere Forscher anschlossen. So findet Du Verney (2) 1687, dass der Mageninhalt einiger Vögel und der Inhalt in dem Labmagen der Wiederkäuer sauer reagirte. Viridet (3) fand, dass die Flüssigkeit, welche die Speiseröhre des Schweines feuchtet, eine neutrale Reaction hat, während der Inhalt des Magens stark sauer reagirt. Wepfer, Floyer, Marsigli, Valisneri (4) constatiren die saure Reaction in den Magen einiger Fische, Vögel und fleischfressenden Thiere.

Der erste, der den Mageninhalt lebender Thiere systematisch untersuchte, war Réaumur (5), welcher seine Untersuchungen vornahm, um zu entscheiden, ob die Anhänger der iatromechanischen Schule oder die Physiologen die Wahrheit lehrten. Die ersteren hatten bekanntlich die Ansicht, dass die Arbeit des Ventrikels nur in einer mechanischen Zertheilung der Speise läge; die Anhänger der physiologischen Schule dagegen lehrten, dass eine von der Magenwand abgesonderte Flüssigkeit, Succus gastricus, die Eigenschaft hätte, die Speise aufzulösen. In seiner 1752 publicirten Arbeit theilt Réaumur mit, dass der Magensaft, den er sich dadurch zu verschaffen wusste, dass er einige Vögel ausgepresste Schwämme verschlucken liess, welche letzteren nach kurzer Zeit wieder heraufpracticirt wurden, sauer reagirte.

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 21. December 1894.

Während die älteren Angaben über die saure Reaction des Magensaftes oder wenigstens des Mageninhaltes übereinstimmen, beginnen um die Zeit der berühmten Untersuchungen Spallanzani's (6) die Ansichten verschieden zu werden. So theilt Senebrier in den „Considerations“ (S. 105), mit welchen er seine französische Uebersetzung von Spallanzani's Arbeit einleitet, einige Beobachtungen von Gosse mit — „un naturaliste savant et exercé, un chymiste éclairé et sur-tout un philosophe qui préfère la verité à tout“ — welcher ausser diesen schönen Eigenschaften auch die Fähigkeit besass, seinen Ventrikel beliebig evacuiren zu können. Dieser Gosse fand nämlich, dass die erbrochenen Massen stets eine neutrale Reaction hatten, wenn die Verdauung normal erfolgte; sauer wurden sie nur dann, wenn er einen Diätfehler beging, z. B. wenn er eine grössere Menge rohes Obst genossen hatte. Gosse konnte über die Verdaulichkeit verschiedener Nahrungsmittel dadurch ein recht gutes Urtheil erhalten, dass er das Aussehen der erbrochenen Massen nach und nach studirte; zu den Stoffen, welche die Verdauung erschwerten, zählt er aber nebst Sublimat, Adstringentia, Wasser und fetten Stoffen auch alle Säuren. In denselben „Considerations“ wird auch eine Untersuchung von Reuss erwähnt. Um zu beweisen, dass der Mageninhalt während der Verdauung sauer wird, nahm Reuss Alkali, um die Säure, welche sich vielleicht vorher im Magen befand, zu neutralisiren, wonach er eine Probemahlzeit, bestehend aus Brot, Fleisch, Erbsen und Bier, verzehrte. Nach drei Stunden nahm er Brechmittel und fand, dass die erbrochenen Massen sauer reagirten. Diese Untersuchung hält Senebrier indessen ohne Weiteres für unrichtig und schreibt dem Brechweinstein die saure Reaction zu.

Spallanzani, welcher seine berühmten Arbeiten über die Digestion 1777 begann, fand den Magensaft unter normalen Verhältnissen absolut neutral, und er erklärt, dass man das verdauende Vermögen desselben untergräbt, wenn man Stoffe verzehrt, die ihn sauer oder alkalisch machen. Ein solcher Stoff ist z. B. Obst; durch Versuche an sich selbst fand nun Spallanzani, dass sein Magensaft sauer wurde, wenn er Obst verzehrt hatte, und dass er immer begann, gleichzeitig an Indigestion zu leiden. Fütterte er einen Raben mit vegetabilischer Nahrung, welche für dieses fleischfressende Thier nicht zweckmässig war, nahm der Magensaft saure Reaction an. Erst wenn der Rabe Fleisch erhielt, wurde sein Magensaft wieder normal, d. h. neutral. Spallanzani, welcher Réaumur's Methode, sich Magensaft von lebenden Thieren zu verschaffen, verbesserte, nahm auch den Gedanken Réaumur's auf, die Wirkungen des Magensaftes in Laborationsgefässen zu studiren,

und zeigte durch schöne Untersuchungen, dass der Magensaft die Nahrung durch Vorgänge, welche etwas ganz anderes als Fäulniss sind, auflöst; der Magensaft hat im Gegentheil die Eigenschaft, Fäulniss zu verhindern.

Ein Mann, welcher in der Litteratur sparsam citirt ist, und der doch recht gute Kenntniss von den Eigenschaften der im Magensaft befindlichen Säure hatte, ist Carminati(7). Carminati liefert in seiner 1785 publicirten Arbeit eine Untersuchungsserie über die Eigenschaften des Magensaftes verschiedener Thiere; den Magensaft verschaffte er sich durch die Methode Réaumur's und Spallanzani's. Fleischfressende Vögel, wie Eulen, Falken und Reiher, haben einen saueren Magensaft, welcher eine starke, Eisenfeilspäähne auflösende Säure enthält, deren Alkalisalz er darstellte. Er zeigt, dass diese Säure flüchtig ist und daher abdestillirt werden kann; er glaubt, dass sie eine animalische Säure ist, welche von dem in den Magen gebrachten Fleisch gebildet wird.<sup>1</sup> Raben, Hunde, Katzen und Schweine haben bei Fleischnahrung einen saueren Mageninhalt, bei gemischter Kost dagegen einen neutralen. Auch Wiederkäuer, wie Ochsen und Schafe, waren Gegenstände für die Untersuchungen Carminati's. Die Beobachtungen Spallanzani's, dass der Magensaft das Fleisch auflöst und auch antiseptische Eigenschaften hat, veranlassten den speculativen Carminati, Magensaft zur Heilung bösartiger und übelriechender Geschwüre mit gutem Erfolg anzuwenden. Gegen Verdauungsbeschwerden giebt er sogar Magensaft per os und ist daher ein frühzeitiger Vorläufer der Pepsin-Salzsäuretherapie.

Kurz darnach wurde von Brugnatelli(8) gleichfalls die neutrale Reaction des Magensaftes bestritten. Mageninhalte von Eulen, Katzen, Tauben, Sperlingen, Hühnern, Enten und Wachteln hatten alle saure Reaction. Im Widerspruch zu Spallanzani sagt Brugnatelli, dass der Mageninhalt der Eule sauer blieb, auch wenn das Thier zehn Tage mit Vegetabilien gefüttert wurde. Derselbe enthielt eine starke Säure, die Eisen und Zinn lösen konnte und „Rostbildung“ auf Kupfer verursachte. Brugnatelli glaubt, dass die Säure eine specifische ist, und empfiehlt die Entscheidung über deren Natur dem Scharfsinne eines Scheele, eines Bergmann! Im folgenden Jahre theilt Brugnatelli(9)

<sup>1</sup> Diese Vermuthung gründet er auf folgende Experimente: Die Innenfläche der Magenschleimhäute reagirt bei diesen Thieren immer sauer; wenn man indessen die Schleimhäute abpräparirt, so zeigt die äussere, gegen das Muskellager liegende Fläche derselben neutrale Reaction. Wäre die im Mageninhalt anzutreffende Säure mit dem Blute hineingekommen, so hätte nach C.'s Ansicht vor allem diese äussere Fläche sauer reagiren müssen.



mit, dass kleine Stücke von Achat und Bergkrystall, in den Magen eines Huhnes gebracht, an ihren Flächen angegriffen werden. Brugnatelli glaubt daher, dass Flusssäure im Mageninhalt vorkommt.

Treviranus (10), welcher der Ansicht ist, dass die saure Reaction des Magensaftes bewiesen ist, discutirt in seiner Biologie die Natur der Säure und kommt zu dem Schluss, dass Milchsäure, Phosphorsäure und Flusssäure, welch' letztere die wichtigste ist, anzutreffen sind. Die Flusssäure war es, welche die Glaskugeln, die Réaumur und Spallanzani ihre Versuchsthiere verschlucken liessen, angriff und es machte, dass dieselben so leicht, ohne die Ventrikelwand zu beschädigen, zermahlen wurden. Treviranus hat selbst gesehen, dass ein Mageninhalt das Email einer Porzellanschale, in welcher er verwahrt wurde, angriff! Die Schwierigkeit, zu verstehen, dass auch neutrale Magensäfte verdauen können, ist somit aufgehoben, meint Treviranus, denn Fluorammonium greift ja ebenso gut wie die Flusssäure die Kieselsäure an. Versuche, die Flusssäure im Mageninhalt nachzuweisen, gelangen indessen nicht.

Wie aus den vorstehenden Zeilen hervorgeht, hatte man zu Anfang dieses Jahrhunderts verschiedene Ansichten über die Reaction des Magensaftes, was theilweise wenigstens darauf beruhte, dass einige den Mageninhalt während des Verdauungsprocesses, andere bei Hunger untersuchten, und dass man ausserdem Mageninhalt und Magensaft nicht scharf genug unterschied. Die verschiedenen Ansichten glaubte Dumas (11) in Uebereinstimmung bringen zu können, wenn er behauptete, dass die Reaction des Magensaftes ganz und gar von der eingenommenen Nahrung abhängig sei: bei Fleischnahrung werde die Reaction sauer, bei Pflanzenkost dagegen alkalisch, was er durch einige Versuche an Hunden bewiesen zu haben glaubte. Nachdem Dumas also dem Magensaft charakteristische Eigenschaften abgesprochen hatte, dauerte es nicht lange, bis ein anderer Forscher, Montègre (12), noch weiter ging und dessen Existenz überhaupt verneinte, indem er erklärte, dass der Magensaft nur verschluckter Speichel wäre.

Um die wichtige Frage bezüglich der Verdauung eingehend behandelt zu sehen, setzte die französische Akademie 1823 einen Preis aus für die beste Lösung der Aufgabe: „à déterminer par une série d'expériences chimiques et physiologiques quels sont les phénomènes qui succèdent dans les organes digestifs durant l'acte de la digestion“. Diese Preisfrage war die äussere Veranlassung, dass Tiedemann und Gmelin's (13) klassische Arbeit: „Die Verdauung nach Versuchen“ vorgelegt wurde. In dieser Arbeit, welche ganze Serien von Versuchen an Säugethieren — Hund, Katze, Schaf, Ochse, Pferd —, Vögeln,

Amphibien und Fischen enthält, besprechen sie die chemische Zusammensetzung und die Eigenschaften des Speichels, des Pankreassaftes, der Galle, des Magensaftes und des Darmsaftes; ferner die Veränderungen, welchen die Nahrungsmittel in den verschiedenen Theilen des Digestionscanals unterworfen werden, wie auch den Antheil, welchen die Galle und der Pankreassaft an der Verdauungsarbeit nehmen, und endlich den Einfluss, welchen das Nervensystem, eigentlich *Nervi vagi*, auf dieselbe hat. Als Resultat dieser Untersuchungen geht mit Rücksicht auf diejenigen bezüglich der Functionen des Ventrikels, mit welchen wir uns hier beschäftigen, hervor, dass der Ventrikel eines hungernden Thieres leer ist oder nur einige Tropfen einer zähen, neutralen Flüssigkeit enthält. Werden die Wände des Ventrikels durch Einführung von Kieselsteinen oder dergleichen mechanisch gereizt, so beginnt eine stark saure Flüssigkeit sich abzusondern. Dies gilt für alle untersuchten Thiere. In der sauren Flüssigkeit wurde durch Destillation Salzsäure, Essigsäure und bei Pferden auch Buttersäure nachgewiesen; Flusssäure war nicht zugegen.

Wenn die Thiere, ehe sie getödtet wurden, Speise erhalten hatten, war der Mageninhalt gleichfalls sauer, und die Reaction war um so saurer, je schwerer die Nahrungsmittel zu verdauen waren. Versuche, die Säuren quantitativ zu bestimmen, scheinen nicht ausgeführt worden zu sein. Tiedemann und Gmelin wissen sogar, dass die Wirkung des Magensaftes nicht nur eine Auflösung der Nahrung ist, sondern auch eine chemische Umwandlung derselben: so haben sie gesehen, dass Stärke durch den Einfluss des Saftes ihre Eigenschaft, von Jod blau gefärbt zu werden, verliert.

Eine andere Antwort auf die Preisfrage rührt von Leuret und Lassaigne (14) her, ist aber der von Tiedemann und Gmelin weit unterlegen. Leuret und Lassaigne fanden die Reaction des Magensaftes von verschiedenen Thieren immer und unter allen Verhältnissen sauer zufolge einer Säure, welche ihren Eigenschaften nach mit Milchsäure übereinstimmte (welche diese Eigenschaften sind, wird jedoch nicht gesagt). Salzsäure in freiem Zustande war nicht vorhanden.

Durch die berühmten Untersuchungen Beaumont's (15) an seinem canadensischen Jäger, welche 1825 begannen und mit kleineren Unterbrechungen bis zum Jahre 1834 fortgingen, wurden die Beobachtungen Tiedemann's und Gmelin's an Thierventrikeln auch für Menschen constatirt. Beaumont's „Arbeitsmethode“ ist zu wohl bekannt, um hier wieder besprochen werden zu müssen. Von den Schlüssen, welche Beaumont aus seinen zahlreichen Versuchen zieht, führe ich nur folgende an: Die Ventrikelwand ist bei Hunger mit einem zähen

Schleim überzogen. Erst durch das Aufnehmen von Nahrung oder, wenn andere Reizmittel der Wand zugeführt werden, beginnt ein saures Secret sich abzusondern. Dieses saure Secret ist das bei der Chymusbildung wirkende Agens, und zwar dadurch, dass es die Nahrungsmittel auflöst und nach ihrer Natur umwandelt. Der Magensaft kann Fäulniss verhindern und enthält Salzsäure im freien Zustande (die Analyse ist von Dunglinsson und Emmett ausgeführt, welche den Magensaft destillirten und im sauren Destillat Chlor fanden. Berzelius (16) hat auch Magensaft von St. Martin analysirt, nennt aber nichts von der Natur der Säure). Der Magensaft löst und verändert die Nahrungsmittel auch bei künstlicher Digestion in vitro. Auf den wichtigen Theil der Versuche Beaumont's betreffs der Verdaulichkeit der verschiedenen Nahrungsmittel hier einzugehen, sehe ich mich nicht veranlasst.

Etwa um dieselbe Zeit suchte Schultz (17) den Werth der Untersuchungen Réaumur's und Spallanzani's zu verringern und nennt die Schlüsse dieser Forscher in Bezug auf die verdauenden Eigenschaften des Magensaftes „nihil nisi vana hypothesis“. Wenn der Magen leer ist, haben die Wände alkalische Reaction; während der Verdauung reagirt der Chymus freilich sauer, die saure Reaction aber rührt nicht vom Magensaft her — ein solcher existirt gar nicht — sondern entsteht durch die Zertheilung der Nahrung. Die Flüssigkeit, welche sich im Magen befindet, ist nichts anderes als verschluckter Speichel. Die Säure ist Essigsäure. Von einigem Interesse ist Schultz's Aufsatz indessen doch, weil er den Säuregrad zu bestimmen sucht: er findet denselben 1 Procent Pottasche entsprechend. An Schultz schliesst sich Carson (18) an.

Durch Tiedemann's und Gmelin's, wie Beaumont's Untersuchungen war es indessen sichergestellt, dass der während der Verdauung abgesonderte Magensaft sauer reagirt, dagegen nicht bewiesen, von welcher Säure, bzw. welchen. Schon einige Jahre vor Erscheinen der Arbeit von Tiedemann und Gmelin hatte der englische Chemiker Prout (19) diese Frage zur Beantwortung aufgenommen.

Prout tödtete ein Kaninchen einige Stunden, nachdem es eine Mahlzeit erhalten hatte. Der Mageninhalt wurde aufgesammelt, filtrirt und in vier Portionen getheilt. Die erste Portion wurde zur Trockne eingedampft und in einer Platinaschale verascht. Der Rückstand wurde mit salpetersaurem Wasser extrahirt und mit Silbernitrat gefällt, das Chlorsilber gewogen, und von dem Gewichte desselben wurde die an fixes Alkali gebundene Chlormenge als HCl berechnet. Die zweite

Portion wurde mit Ueberschuss von  $K_2CO_3$  versetzt, eingedampft und verbrannt, worauf die Menge Chlor durch Extrahirung, Fällung und Wägung wie oben bestimmt wurde; Prout erhielt so die Totalmenge HCl. Die dritte Portion wurde mit bekannter Menge  $K_2CO_3$  genau neutralisirt und die Menge des freien Chlorwasserstoffes somit berechnet. Wenn jetzt die Summe der freien Säure und der mit fixem Alkali gebundenen von der Totalsalzsäure subtrahirt wurde, erhielt Prout, wie er glaubte, die Salzsäure, welche sich in Verbindung mit Ammoniak zu Salmiak vorfand. Als die vierte Portion mit ammoniakalischer Chlorbaryumlösung versetzt wurde und keine Fällung in der Mischung entstand, glaubte Prout, dass keine Schwefelsäure oder Phosphorsäure, sondern nur Salzsäure im Magensaft vorhanden war. Auch im Mageninhalte vom Hasen, Pferde, Kalbe, Hunde und Menschen wurde nach dieser Methode Salzsäure nachgewiesen.

Die geniale Methode von Prout hat zum Vorbild für die quantitativen Methoden, welche unter dem Namen Hayem-Winter und Martius und Lüttke gehen, gedient, und dieselben Bemerkungen, welche gegen diese aufgestellt werden können, treffen daher auch die ursprüngliche Methode Prout's.

Die Angaben von Prout wurden von einigen unterstützt, von anderen verneint; man schien doch im Allgemeinen nicht gern glauben zu können, dass eine so starke Mineralsäure wie die Salzsäure von der Magenschleimhaut abgesondert werden könnte, und der Meinungsantausch in dieser Frage wurde ein sehr lebhafter.

Schon in demselben Jahre untersuchte Children (20) nach der Methode Prout's eine grössere Menge ungemischten Magensaftes, welchen eine dyspeptische Frau auf nüchternen Magen erbrochen hatte und constatirte in demselben die Gegenwart von Salzsäure. Children bemerkt, dass die Salzsäure bei der Destillation erst mit dem letzten Drittel sich verflüchtigt.

Braconnot(21), der nüchterne Hunde ausgepresste Schwämme verschlucken liess, welche nach einer Weile wieder heraufpracticirt wurden, konnte in dem auf diese Weise erhaltenen Magensaft mit einwandfreien Methoden weder Milchsäure noch Essigsäure nachweisen. Dagegen erhielt er, wenn er den Magensaft mit Baryumcarbonat digerirte, Krystalle von Chlorbaryum.

Durch die Untersuchungen Beaumont's wurde Blondlot(22) auf den Gedanken gebracht, sich dadurch Magensaft zu verschaffen, dass er Magen fisteln an Hunden anlegte. Der Magensaft, welchen er von Magen fistel hunden durch mechanischen Reiz der Ventrikelfwand oder durch Einführung von rohem Fleisch in den Magen erhielt, war immer

sauer, enthielt aber weder Salzsäure noch Essigsäure. Es gelang Blondlot niemals, durch Destillation in Wasserbadwärme ein sauer reagirendes Destillat zu erhalten, auch wenn er zur Trockne eindampfte. Als er, um zu entscheiden, ob die Säure Milchsäure oder Phosphorsäure wäre, den Magensaft mit Kreide oder Marmor zu neutralisiren suchte, fand er zu seinem Erstaunen, dass keine Kohlensäureentwicklung eintrat, und dass die Reaction neutral nicht gemacht werden konnte. Nachdem er so gefunden hatte, dass Phosphorsäure mit Kreide behandelt in saures Calciumphosphat überging, welches nicht weiter von der Säure verändert wurde, und nachdem er Kalk und Phosphorsäure im Magensaft nachgewiesen hatte, zog er daraus den Schluss, dass die saure Reaction des Magensaftes nur von saurem Calciumphosphat herrührte; Milchsäure war auch nicht zugegen.

Die Angaben Blondlot's wurden von mehreren in Frage gestellt. So fand kurz darnach Melsens (23), dass Stücke von Marmor und Islandspath im Gewicht verlieren, wenn sie den Einwirkungen des Magensaftes ausgesetzt werden; auch konnte er mit dem Auge wahrnehmen, dass die Stücke sich mit Gasbläschen bedeckten.

Claude Bernard und Bahreswill (24) opponiren sich gleichfalls gegen die Behauptung Blondlot's. Die Magensäfte, mit welchen sie arbeiteten (von Magenfistelhunden herrührend), lösten sowohl neutrales Calciumphosphat wie, mit Kohlensäureentwicklung, Kreide auf. Bernard und Bahreswill unterwerfen in derselben Arbeit die verschiedenen Ansichten über die Natur der Magensäure einer Kritik. Essigsäure kann nicht zugegen sein, denn in solchem Falle würde man schon bei Beginn der Destillation ein saures Destillat erhalten, man kann aber  $\frac{4}{5}$  abdestilliren, ehe die saure Reaction eintritt. Setzt man dagegen ein wenig Essigsäure hinzu, so werden schon die ersten Tropfen sauer. Am Schlusse der Destillation geht freilich Salzsäure über, diese findet sich jedoch nicht frei im Mageninhalt, sondern wird durch Zerlegung der Chloride gebildet. Wäre Salzsäure im freien Zustand vorhanden, so würde man bei Zusatz von Ammoniumoxalat nicht Fällung von Calciumoxalat erhalten, wie man dies thut. Nur von Phosphorsäure kann die saure Reaction nicht herrühren, denn in solchem Falle könnte man nach Zusatz von  $\text{CaCO}_3$  oder  $\text{ZnCO}_3$  im Ueberschuss im Filtrate nicht Reaction auf Ca und Zn erhalten. Die saure Reaction rührt daher von Milchsäure her, und sei zur Stütze für diese Ansicht Folgendes angeführt: Kocht man Stärke mit Salzsäure, so verliert jene ihre Eigenschaft, von Jod gebläut zu werden; wird sie mit Milchsäure oder Salzsäure, zu welcher man ein Lactat im Ueberschuss zugesetzt hat, gekocht, so behält sie dagegen diese Eigenschaft. Salzsäure existirt

folglich nicht im freien Zustande bei Gegenwart von Lactaten in hinlänglicher Menge. Da die Stärke beim Kochen mit Magensaft fortwährend von Jod gebläut wird, so beweist dieses, meinen die Verfasser, dass Milchsäure zugegen ist und nicht Salzsäure. Uebrigens, sagen sie, ist es gleichgültig, welche Säure es ist; die Digestion kann freilich ohne Säure nicht vorgehen, „*mais la nature de l'acide est indifférente*“ und das ist gut, denn im anderen Falle würden die Salze in der Nahrung, wenn sie in hinlänglicher Menge vorhanden sind, sich mit der Milchsäure umsetzen und die Verdauung unterbrechen, eine Ansicht, welche vor ihrer Zeit ist.

Thomson (25) wendet sich gleichfalls gegen Blondlot und behauptet, dass man den Magensaft ganz gut mit Kreide neutralisiren kann, wenn man nur Wärme vermeidet; bei höheren Temperaturen wird Essigsäure, wenn sie zugegen ist, nicht neutralisirt. Im Mageninhalte fleischfressender Thiere hat Thomson niemals eine flüchtige Säure nachweisen können — er destillirt nur ein Drittel ab —, dagegen eine nichtflüchtige.

Bouchardat und Sandras (26) fütterten seit 24 Stunden nüchterne Hunde mehrere Tage lang mit Fibrin, Gluten, Stärke, Brot oder Fett und tödteten sie ein paar Stunden nach der letzten Mahlzeit. Bei allen fanden sie im Mageninhalte sowohl Salzsäure wie Milchsäure, welche letztere sie durch Darstellung von Kalk- und Zink-Lactat isolirten. Bei Stärkekost fanden sie bedeutend mehr Milchsäure und schlossen daraus, dass ein Theil derselben von Stärke gebildet wird.

Auch Lassaigue (27) ergreift die Feder gegen Blondlot und die Gegenwart von saurem Phosphat im Mageninhalte. In diesem Aufsatz nimmt er seine Behauptung von dem Vorkommen der Milchsäure im Magensaft des Hundes zurück und giebt zu, dass Salzsäure in kleiner Menge sowohl nach Fleisch- wie nach Pflanzenkost und nach mechanischem Reize zugegen ist. Die Hauptmenge der Säure ist doch eine beständige, nicht krystallisirende Säure, welche der Milchsäure in ihren Eigenschaften nahesteht.

Lehmann (28) dampfte in vacuo Magensaft von Hunden ab, welche 10 bis 15 Minuten vor ihrer Tödtung entfettete und vom Periost befreite Knochen erhalten hatten und konnte dabei in den überdestillirenden Dämpfen Salzsäure nachweisen. Dies würde, sagt Lehmann, beweisen, dass Salzsäure sich im Mageninhalte vorfände, wenn die gleichzeitig anwesende Milchsäure die Chloriden nicht zerlegte. Aus demselben Magensaft stellte er nämlich Krystalle von Baryumlactat dar, welche Krystalle auch analysirt wurden. Die Analyse ist eine gute, und es kann daher keinem Zweifel unterworfen sein, dass Milchsäure

wirklich in diesem Magensaft zugegen war. Waren Hunde mit Fleisch gefüttert, fand Lehmann auch Milchsäure, es wurde aber in solchen Fällen keine Salzsäure bei der Destillation frei. — Im folgenden Jahre stellte Heintz (29) Krystalle von Zinklactat aus dem Mageninhalt einer dyspeptischen Frau dar.

Wie wir finden, herrschten noch in der Mitte dieses Jahrhunderts verschiedene Ansichten über die Natur der Ventrikelsäure. Im Ganzen hatten folgende Säuren ihre Vertheidiger gefunden: Salzsäure, Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, Flusssäure, Phosphorsäure und saures Calciumphosphat.<sup>1</sup>

Es war Bidder und C. Schmidt (31) vorbehalten, durch bindende Analysen nachzuweisen, dass wenigstens im Magensaft des Hundes und des Schafes sich Chlor in grösserer Menge, als zur Bindung sämtlicher anorganischen Basen incl. Ammoniak nöthig ist, vorfand<sup>2</sup>; der Ueberschuss war, so glaubten diese berühmten Forscher, mit Wasserstoff zu Salzsäure verbunden. Daraus, dass die in solcher Weise berechnete Salzsäure genau mit der gefundenen Acidität übereinstimmte, schlossen Bidder und C. Schmidt, dass keine organische Säure vorhanden war. In einem folgenden Aufsatz theilt C. Schmidt (32) eine ähnliche Analyse von dem Magensaft einer 35jährigen, übrigens gesunden Bäuerin mit, welche eine durch Inflammation entstandene Magenfistel hatte. Auch in diesem Magensaft war Chlor im Ueberschuss vorhanden.

Die Arbeiten Schmidt's riefen ein grosses und berechtigtes Aufsehen hervor, denn seine einwandfreien Analysen bewiesen, dass der Magensaft Salzsäure und nicht Milchsäure enthielt. Da die Analysen Lehmann's und Heintz' gleichfalls nicht bezweifelt werden konnten und folglich auch Milchsäure wenigstens zuweilen vorkommen kann, suchte man die Anwesenheit derselben durch im Magen vorgehende Gährungs- und fermentative Prozesse zu erklären.

Schon Bouchardat und Sandras hatten behauptet, dass die Milchsäure durch kohlenhydratreiche Nahrung vermehrt wird. Brücke (33) hält dafür, dass Milchsäure von Kohlenhydraten durch Fermentwirkung entsteht. Maly (34) giebt gleichfalls an, dass die Milchsäure, welche bisweilen im Mageninhalt vorhanden ist, von Gährungsprocessen herrührt; der reine, bei mechanischem Reiz abgesonderte Saft enthält dagegen nicht Milchsäure. Bereitete er eine Infusion auf Magenschleimhaut und versetzte er dieselbe mit Trauben- oder Milchzucker, so konnte

<sup>1</sup> Erst so spät wie 1884 proclamierte Poulet (30), dass die im menschlichen Magen normal vorkommende Säure — Hippursäure ist!

<sup>2</sup> Das Analysenverfahren ist allzu wohlbekannt, um hier wieder dargestellt zu werden.

er leicht milchsaure Salze in Krystallen darstellen. Wurde dagegen die Infusion mit Phenol oder arseniger Säure versetzt, um Bacterienwirkungen zu entgehen, so gelang es nicht, diese Säure nachzuweisen. Ebenso Reoch (48). Nachdem so gezeigt worden, dass Milchsäure hervorbringende Bacterien in der Mundhöhle und im Magen vorkommen (Miller (35), Hüppe (36), Abelous (37)) und dass diese ihre Wirkung auch bei schwach saurerer Reaction (Cohn, Hirschfeld (38)) ausüben können, bot es keine Schwierigkeiten, die Anwesenheit der Säure zu verstehen.

Die Frage, ob Milchsäure während der Verdauung im Magen vorkommt oder nicht, ist fortfahrend eifrig discutirt worden (Rabuteau (87), Uffelmann (39), Ewald (56), Kietz (40), Rotschild (41), Cahn und v. Mering (42), Ewald und Boas (43), Rosenheim (44), Leo (45), Contejean (115) u. A.,<sup>1</sup> welche verschiedene Ansichten ausgesprochen haben). Vor Allem auf Grund der Untersuchungen Ewald's und Boas' hat man bis in die letzte Zeit hinein dafür gehalten, dass bei gemischter Kost während des ersten Stadiums der Ventrikelverdauung bei Menschen nur Milchsäure, während eines zweiten sowohl Milchsäure wie Salzsäure und während eines dritten nur Salzsäure vorhanden ist. Dieser Untersuchung darf jedoch keine allzu grosse Bedeutung zugeschrieben werden, weil das Arbeitsmaterial nach Ewald's Frühstück aufgehobener Mageninhalt gewesen ist und Uffelmann's Reagens, welches, wie bekannt, von vielen anderen Stoffen gleichartig verändert wird, den Ausschlag gegeben hat. Ausserdem hat Boas (46) im vorigen Jahre gefunden, dass schon der Wasserextract dieser Mahlzeit positiven Ausschlag mit dem Reagens giebt. Boas hat anstatt Ewald's Probefrühstück ein anderes, Hafergrütze, und anstatt Uffelmann's Reagens ein anderes, wie er angiebt, sicheres Reagens auf Milchsäure eingeführt. Mit solcher Versuchsanordnung hat Boas gefunden, dass Milchsäure bei normaler Verdauung im Magen nicht entsteht: das Vorkommen von Milchsäure ist, nach Boas, so gut wie pathognomonisch für Cancer.<sup>2</sup>

Ich kehre indessen zu der Salzsäure zurück.

Die Analysen von Bidder und Schmidt bewiesen als gewiss, dass ein Ueberschuss an Chlor im Magensaft vorhanden war, und dass eine

<sup>1</sup> Die Untersuchungen von Laborde, Szabo und Richet über das Vorkommen von Milchsäure werden in anderem Zusammenhang erwähnt werden.

<sup>2</sup> Vor Boas haben Martius und Lüttke (47) auf Grund einer grossen Zahl von Salzsäurebestimmungen, welche sie mit ihrer Methode ausgeführt haben, den Schluss ziehen zu können geglaubt, dass Milchsäure im Allgemeinen im Ventrikel nicht vorkommt. Da diese Methode gar nicht einwandfrei ist, sind ihre Berechnungen auch nicht beweisend, worauf ich indessen zurückkomme.



organische Säure nicht in nennenswerthem Grade zu der saueren Reaction beitrug. War es aber ebenso gewiss, dass dieses Chlor mit Wasserstoff zu Salzsäure verbunden war?

Reoch (48), welcher gesehen hatte, dass eine Lösung von Citras ferri-co-chinicus, mit Rhodankalium versetzt, erst nach Zusatz einer Mineralsäure roth gefärbt wurde, fand gleichfalls, dass eine Lösung von dem Salze  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  bei Zusatz von Reagens und Salzsäure ihre Farbe erst veränderte, wenn Salzsäure im Ueberschuss vorhanden war. In derselben Weise verhielt sich  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  in Salzsäure gelöst: erst bei Ueberschuss von Salzsäure trat die Farbenreaction ein, woraus Reoch schliesst, dass  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  mit  $\text{HCl}$  sich zu  $\text{CaCl}_2$  und  $2\text{CaHPO}_4$  umsetzt. Da Bidder und Schmidt diese Umsetzung nicht mit in Rechnung nehmen, erhielten sie bei der Berechnung zu hohe Werthe von der freien Salzsäure. Reoch schlägt daher vor, anstatt der Methode Bidder's und Schmidt's diese Farbenreaction zu benutzen, um schnell entscheiden zu können, ob sich im Mageninhalt Salzsäure im Ueberschuss vorfindet. Reoch's Methode ist folglich die erste von den heut zu Tage fast zahllosen Methoden, freie Salzsäure nachzuweisen, welche sich auf eine Farbenänderung des einen oder anderen Reagenses gründen.

Schon einige Jahre vorher, als „Die Verdauungssäfte“ erschienen, hatte Schmidt (49) in der Arbeit, in welcher er seine Theorie von der „Chlorpepsinwasserstoffsäure“ aufstellte, von einer Bindung der Salzsäure an organische Albuminstoffe gesprochen. Er hatte gesehen, dass die künstliche Verdauung allmählich aufhört, wenn die Verdauungsproducte sich anhäufen; dies rührt davon her, dass die Pepsinsalzsäure sich mit Albuminstoffen verbindet und unwirksam wird. Setzt man jetzt Salzsäure hinzu, so bildet sich salzsaures Albumin — hier wird zum ersten Mal das Wort in der Litteratur genannt — die Pepsinsalzsäure wird wieder frei und die Verdauung beginnt aufs neue. Schmidt ist daher unstreitig der Erste, der mit vollem Bewusstsein von einer Verbindung zwischen Salzsäure und Eiweiss gesprochen hat. Es ist offenbar, dass er bei Bestimmung der freien Salzsäure auch die an Albuminstoffe gebundene in dieselbe mit einschloss.

Kurz nach Schmidt spricht Mulder (50), welcher in dieser Frage von den modernen Verfassern gar nicht citirt wird, entschieden von solch einer Verbindung. Er sagt (S. 973) Folgendes: „Alle Proteinverbindungen, von welcher Art sie auch sind, haben mit dem Protein selbst das Vermögen gemein, mit kleinen Mengen Basen und Säuren sich verbinden zu können. Mit den Säuren und Basen bilden sich theils unlösliche, theils lösliche Verbindungen. Welche Säure nun auch

die Ursache der Auflösung der Proteinverbindungen im Magen sein mag: es entsteht eine chemische Verbindung zwischen dieser Säure und dem Eiweiss z. B., oder dem Fibrin, und wenn die Säure Salzsäure ist, so ist die Verbindung innig. Es ist unmöglich, durch blosse Destillation die Salzsäure, die im Magensaft mit einem Speisebrei gemengt vorkommt, zu scheiden; es muss eine stärkere Säure dazu angewandt werden, und thun wir dies, so wird Kochsalz zersetzt, und wir sind nicht im Stande, über die Gegenwart oder Abwesenheit der Salzsäure im Speisebrei ein Urtheil zu fällen, weil sie nicht frei, sondern mit den organischen Stoffen verbunden ist. . . . Das Salzsäure-Eiweiss enthält 3.7 Procent Salzsäure. . . . Dass die Eiweiss-Salzsäureverbindung immer 3.7 Procent enthält, ist nicht wahrscheinlich, aber es existirt eine solche Verbindung, und alle Säuren sind in demselben Fall. Es giebt ein Phosphorsäure- und ein Milchsäure-Eiweiss, ein weinsteinsaures, ein essigsaures Casein oder Fibrin u. s. w.“ In deutlicheren Worten kann man sich kaum ausdrücken; sie scheinen jedoch, wie gesagt, wenig beachtet zu sein.

Etwa gleichzeitig mit Reoch's Aufsatz erschien ein solcher von Laborde (51), in welchem dieser Inversionsversuche mit Milchsäure und mit Magensaft anstellte. Er fand, dass Milchsäure von demselben Titer wie Magensaft fast dieselbe Inversionswirkung wie Magensaft ausübte; Salzsäure von demselben Titer invertirt bedeutend besser, und wurden sehr kleine Mengen von Salzsäure zum Magensaft gesetzt, so wurde die Wirkung derselben etwa doppelt so gut wie ohne Zusatz. Daher schliesst Laborde: Salzsäure in freiem Zustande findet sich im Magensaft nicht vor; die Milchsäure ist es, welche die saure Reaction verursacht, anstatt dass er hätte sagen sollen: die Salzsäure des Magensaftes verhält sich nicht wie eine reine Salzsäurelösung von demselben Titer. Laborde war von der Wahrheit nicht fern.

Szabo (52) hatte, wie viele vor ihm (Eberle (53), Beaumont (15), Schmidt (49), Ebstein und v. Brunn (54) u. A.) gefunden, dass bei künstlicher Verdauung die Pepsinverdauung aufhört, sobald sich eine grössere Menge Verdauungsprodukte gebildet hatte, um bei Hinzufügen von Salzsäure wieder in Gang zu gerathen; „die Säure wurde sonach durch die gebildete grosse Menge von Pepton gebunden, verbraucht, oder wenigstens in ihrer Function verhindert“, und er fragt sich, ob der Unterschied zwischen dem Verhalten des Magensaftes und der Milch- oder Salzsäure bei den verschiedenen Parallelversuchen nicht durch die Anwesenheit der Peptone oder des Pepsins im Magensaft verursacht wurde. Szabo machte die Inversionsversuche Laborde's nach und bestätigte, dass durch Hinzufügung von Pepton wirklich die Inversions-

wirkung der Salz- und Milchsäure ebenso wie diejenige des Magensaftes einbüsst. Er fand ausserdem, dass die Inversionswirkung des Magensaftes zwischen die der Salzsäure und der Milchsäure fiel, und nachdem er gleichfalls gefunden hatte, dass die Acidität des Magensaftes grösser war als die Acidität der Salzsäure (welche er mit einer auf der Basis des Reoch'schen Reagenses ausgearbeiteten Methode bestimmte), schloss er, dass Salzsäure und Milchsäure im Magensaft des Menschen neben einander vorkämen.

In einer ausführlichen Arbeit über die Digestion (1878) behandelt Richet (55) die Salzsäurefrage und betrachtet sie von neuen Gesichtspunkten. Um zu entscheiden, welche Säure in freiem Zustande im menschlichen Magen vorkommt — Richet arbeitet mit Magensaft von einem gastrotomirten Jüngling —, benutzt er eine Entdeckung von Berthelot. Wird eine Wasserlösung von einer Säure mit Aether geschüttelt, so vertheilt sich die Säure zwischen Wasser und Aether in einem bestimmten Verhältniss, welches Berthelot den Theilungscoefficienten nennt und dessen numerischer Werth für jede Säure charakteristisch ist. Der Theilungscoefficient für Mineralsäuren ist gross — über 500 —, für Milchsäure im Mittel 10. Durch diese Methode fand Richet, dass der Magensaft neben Spuren von einer in Aether löslichen Säure, wahrscheinlich Fleisch-Milchsäure, auch eine darin unlösliche enthielt. Es war doch nicht zu vermuthen, dass diese Säure freie Salzsäure ist. Richet hält dafür, dass sie mit einer Substanz combinirt ist, welche ihre Eigenschaften verändert. Wird z. B. Magensaft mit Natriumacetat versetzt, so wird nicht die ganze Essigsäuremenge in Freiheit gesetzt; dialysirt man den Magensaft, so diffundirt bedeutend weniger von der Säure, als von einer reinen Salzsäurelösung von demselben Titer, und lässt man den Magensaft Rohrzucker invertiren, wie Laborde und Szabo thun, so wird bedeutend weniger Invertzucker gebildet, als mit einer reinen Säurelösung. Ebenso verhält sich Salzsäure, zu welcher man Leucin hinzugefügt hat. Hieraus zieht Richet folgende Schlüsse: 1. Die Säure des Magensaftes ist Salzsäure; 2. die Salzsäure ist nicht frei, sondern combinirt; 3. die Combination ist „Chlorhydrat de leucin“. In einem späteren Aufsatz (57), nachdem Ewald (56) das Vorkommen von Leucin in Mengen in Frage gestellt hatte, hält Richet daran fest, dass die Salzsäure theilweise an Leucin gebunden ist; die Hauptmenge ist doch an Pepsin, nicht an Peptone gebunden, welche Behauptung er mit folgendem Experiment zu stützen sucht: eine Magenschleimhaut wurde fünfmal nach einander mit Salzsäure extrahirt und die Auszüge dialysirt; der erste dialysirte zehnmal schlechter als Salzsäure, die folgenden fast gleich gut; der

erste enthielt viel Pepsin und wenig Pepton, die folgenden dagegen waren reich an Pepton und arm an Pepsin.

Nachdem van den Velden (58) 1879 gefunden, dass Magensaft von Kranken mit Cancer ventriculi Methylviolett nicht veränderte und er daraus geschlossen hatte, dass freie Salzsäure bei dieser Krankheit nicht abgesondert würde, erhielt die Frage betreffs der Bindung der Salzsäure, welche bis jetzt eigentlich nur Theoretiker beschäftigt, ein klinisches Interesse, und von dieser Zeit ab begann die Litteratur Riesen dimensionen anzunehmen.

Schon im folgenden Jahre wendet sich Ewald (59)<sup>1</sup> gegen die Behauptung van den Velden's und hebt hervor, dass die Methylviolettreaction nicht geeignet ist, freie Salzsäure im Mageninhalt nachzuweisen. Die Salzsäure scheint, sagt Ewald, eine äusserst lockere Verbindung mit dem Farbstoff einzugehen, während sie zu den Eiweissstoffen grössere Affinität besitzt, so dass in peptonhaltigen Salzsäurelösungen keine freie Salzsäure vorhanden ist, worauf van der Velden (60) unmittelbar antwortet, dass das Ausbleiben der Farbenveränderung nicht die Insufficienz des Reagens beweist, sondern dass die Salzsäure mit den Peptonen Verbindungen eingegangen und somit nicht mehr in freiem Zustande zugegen ist.

Danilewsky (61) kam unter seinen Studien über die Natur der verschiedenen Eiweisskörper zu dem Schlusse, dass einige von denselben mit Mineralsäuren, andere mit Alkali Verbindungen eingingen. Zu der ersteren Gruppe rechnet er Myosin, Syntonin, Acidalbumin, Fibrin, alle Peptone und die Uebergangsstufen, welche bei der Pepsinverdauung gebildet werden. Für „Syntonid“ (= Digestionssyntonin) wurde das säurebindende Vermögen bestimmt: 100 <sup>grm</sup> aschenfreie Substanz band 3.65 <sup>grm</sup> HCl. Albumin, Casein, Albuminate und die Uebergangsstufen zu Pepton, welche bei der Trypsindigestion entstehen, vereinen sich dagegen nicht mit den Mineralsäuren. Bei seinen Untersuchungen bediente sich Danilewsky der Reaction mit Tropäolin 00.

Von dieser Zeit ab wird die Ansicht, dass das Eiweiss Salzsäure binden kann, allgemein und wird von einer grossen Reihe von Verfassern getheilt (G. S. Johnson (62), Rollet (63), Herth (64), Honigmann und Noorden (65), Klemperer (66), Köster (67), Moritz (68), Sansoni und Molinari (69), Seeman (70), Mintz (71), Schäffer (72), Salkowski (73), Fawizky (74), Blum (75), Mizerski und Nencki (76), Sansoni (77) und mehreren Anderen).

<sup>1</sup> Ewald wird, wie wir gesehen haben, mit Unrecht in der Litteratur als der Erste angesehen, welcher eine Vermuthung über die Bindung der Salzsäure an Eiweiss ausgesprochen hat.

Johnson (62) dialysirte Eialbumin gegen verdünnte Mineralsäuren und fand, dass der Inhalt des Dialysators zu einer Gallerte gelatinirte, gleichzeitig damit, dass saure Reaction auftrat. Diese Gallerte, welche Johnson für eine feste chemische Verbindung hielt, wurde ganz einfach eingetrocknet und der Säuregehalt durch Titrirung mit Lackmus und NaOH bestimmt. Durch die in solcher Weise gefundenen Zahlen glaubte Johnson bewiesen zu haben, dass ein Molekül Albumin sich mit je einem Molekül  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{O}_4\text{C}_2$ ,  $\text{Ac}$ , mit zwei Molekülen  $\text{HCl}$ ,  $\text{Tr}$ ,  $\text{Cl}$  und mit drei Molekülen  $\text{H}_3\text{PO}_4$  verbindet!

Rollet (63) hat bestätigt, dass bei Dialyse von concentrirten Ei- und Serumalbuminlösungen gegen Säuren Gallerten entstehen, und fand, dass die Gallerten, welche bei Zusatz von concentrirten Säuren zu denselben Lösungen sich ebenfalls bilden, keine Tropäolinreaction ergeben. Er glaubt daher, dass eine Verbindung zwischen Säure und Eiweiss in hohem Grade wahrscheinlich ist, kritisirt aber die positiven und schlecht begründeten Behauptungen Johnson's.

Herth (64), welcher das säurebindende Vermögen der Hemialbumose studirte, fand, dass bei Fällung derselben mit Neutralsalz aus saurer Lösung ein Theil von der Säure mitfolgte. Mit NaCl aus essigsaurer Lösung gefällte Hemialbumose wurde drei mal 24 Stunden bis zum Verschwinden der Chlorreaction im Diffusate dialysirt; das nach Einengung mit Alkohol gefällte und bei  $105^\circ$  getrocknete Präparat enthielt auf Trockensubstanz im Mittel etwa 5 Procent Essigsäure. Auch andere Säuren wie  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und Milchsäure verhielten sich ähnlich. Wenn aus salzsaurer Lösung die Hemialbumose mit NaCl gefällt und mit NaCl-Lösung gewaschen wurde, enthielt das Präparat im Mittel 5.3 Procent HCl. Wurde dialysirt, sank der Säuregehalt auf 3 Procent, und wurde energisch mehrere Tage dialysirt, gelang es, die Säuremenge bis zu 1.87 Procent, welches das „Säureminimum“ war, zu vermindern. Weil also nach verschiedenen langen Dialysen verschiedene Säuremengen zurückblieben, glaubt Herth, dass eine Bindung nach constanten Gewichtsverhältnissen nicht stattfindet, „sondern dass vielmehr der Hemialbumose nur die Eigenschaft zukommt, verschiedene Mengen von Säure bis zu einer gewissen Maximalgrenze anzuziehen und in lockerer Weise chemisch zu binden“.

Honigmann und Noorden (65) fanden, dass im Magensaft von Carcinomatösen die Methylviolettreaction ausblieb, wenn das Verhältniss zwischen Pepton und HCl wie 52:1 bis 10.3:1 war. Moritz (68), der die Peptone nach Kjeldahl's Stickstoffbestimmungsmethode und die Salzsäure durch Titrirung nach Ausschüttelung der organischen Säuren im Magensaft Gesunder nach Fleischkost bestimmte, fand, dass

die Farbenreactionen negative Resultate gaben, wenn das Verhältniss Peptone : HCl wie 8:1 (Tropäolin 00) und wie 12:1 (Congoroth) war. Fawizky (74), welcher ähnliche Untersuchungen am Magensaft von Personen mit verschiedenen Magenkrankheiten (auch von einigen Gesunden) ausgeführt hat und dabei die Peptone durch Stickstoffbestimmungen und die Salzsäure mit der Baryumcarbonatmethode bestimmt hat, fand, dass die Farbstoffreactionen (Phloroglucin-Vanillin und Methylviolett) noch positiv ausfielen, wenn das oben genannte Verhältniss = 9:1 war. Auch mit künstlichen Mischungen von Witte'schem Pepton (hauptsächlich Albumosen, wie bekannt) und HCl wurde dieselbe Grenze erhalten.

Sansoni und Molinari (69), untersuchten verschiedene Eiweisskörper (Eier- und Serumalbumin, Pepton, Fibrin, Myosin und Casein) in Mischung mit Salzsäure von verschiedener Stärke (0.1, 0.01, 0.001 *n*) mit verschiedenen Reagensen (Tropäolin 00, Congo, Methylviolett, Rhodanpapier und Phloroglucin-Vanillin) und fanden, dass alle Eiweissstoffe mehr oder weniger die Farbenreactionen hinderten, am wenigsten doch das Phloroglucin-vanillin, dass die Eiweisskörper verschiedene Messungscapacität haben (die Zahlen finden sich nicht im Ref.) und dass die Eintheilung Danilewsky's in säurebindende und nichtsäurebindende nicht haltbar ist, denn alle binden Säuren. Mehrere Andere haben, wie gesagt, auf ähnliche Weise das säurebindende Vermögen der Eiweissstoffe zu bestimmen gesucht. Weil die verschiedenen Farbstoffe natürlich verschiedene Resultate geben, und die Methode keine wissenschaftliche ist, wird es nicht nothwendig, sie alle hier anzuführen.

In einem späteren Aufsatz hat Honigmann (78) mit der Methode Martius' und Lüttke's die freie und gebundene Salzsäure, nach Kjeldahl die Eiweissmenge im Mageninhalt bestimmt und so das salzsäurebindende Vermögen berechnen zu können geglaubt. Dieser Berechnung gemäss, deren Zuverlässigkeit viel zu wünschen übrig lässt, was Honigmann selbst zugiebt, kann ein Theil Salzsäure höchstens 15 Theile Eiweiss binden.

Mizerski und Nencki (76) verwerfen die Farbstoffreactionen, um zu bestimmen, in welchen Verhältnissen die Säuren und Peptone einander binden. Sie halten dafür, dass nur der Theil der Salzsäure, welcher beim Eintrocknen von einer peptonhaltigen Salzsäurelösung bei 100° sich nicht verflüchtigt, gebunden ist. 0.1% albumos- und chlorfreies Pepton (von dem Aschengehalt und der Darstellungsweise wird nichts gesagt) wurde in 10ccm 0.1 normal HCl + 10ccm Wasser gelöst, auf Wasserbad zur Trockne eingeengt, mit Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> versetzt und eingeascht, wonach das Chlor durch Titrirung bestimmt ward. Das Resultat

zeigte, dass Pepton in Wasserlösung sich mit Salzsäure im Verhältniss 100:16 combinirt hatte. Für Bromwasserstoffsäure wurde das Verhältniss 100:53.4, anstatt dass man, sagen die Verfasser, 100:35.5 erwarten sollte ( $36.5:8 = 16:35.5$ ). Daher muss ein Molekül sich mit wenigstens 2 Molekülen HCl und 3 Molekülen HBr combiniren.

Aus den obenstehenden Untersuchungen geht unzweideutig hervor, dass die Eigenschaften der freien Salzsäure durch die Anwesenheit von Eiweisskörpern verändert werden, und die Frage, ob sie auch ihre verdauenden Eigenschaften durch diese Bindung einbüssten, drängt sich gewaltsam auf.

Klemperer (66) hält ohne Weiteres dafür, dass die an schwache organische Substanzen gebundene Säure ihre verdauenden Eigenschaften verloren habe. Nur wenn die Salzsäure auch das Methyl bläut, sagt er, haben wir die Sicherheit, dass sie verdaut. Moritz (68) hat eine ähnliche Ansicht, ebenso Mathieu (82) und Boas (83). Schäffer (72) hat dagegen mehrfach einen salzsäurehaltigen Magensaft gefunden, welcher, ohne Günzburg's Reaction zu geben, Fibrin verdaut, wenn auch langsamer als ein Magensaft, der diese Reaction giebt.

Ausführliche Untersuchungen sind von Salkowski und Kumagava (73) angestellt worden. Sie fanden, dass Leucin- und Alaninchlorhydratlösungen, mit Pepsin versetzt, Fibrin fast ebenso gut wie HCl von derselben Stärke + Pepsin, verdauten. Rosenheim (79) behauptet gegen Salkowski, dass die Verdauung unter diesen Verhältnissen nur halb so gut vorgeht; nimmt man anstatt Leucin Pepton, so wird das Resultat noch schlimmer, und Hoffmann (80) fand, dass die Verdauung von coagulirtem Eiweiss fast ganz ausblieb bei Anwesenheit von Pepton in solcher Menge, dass die Lösung nicht Günzburg's Reaction ergab. Salkowski (81), der sich noch einmal geäussert hat, steht bei seiner früheren Ansicht fest. Tschlenoff (84) giebt freilich zu, dass das Verdauungsvermögen verringert ist, wenn die Günzburg'sche Reaction ausbleibt, aufgehoben ist es aber nicht. Kossler (85) stellte eine Lösung von Acidalbuminat dar und versetzte sie mit NaOH bis zur eintretenden Fällung. Diese Lösung, welche freie HCl nicht enthielt, verdaute nach Zusatz von Pepsin gut. Auch Blum (75) hat unzweifelhaft gezeigt, dass eine pepsinhaltige Salzsäurelösung, die so viel Verdauungsproducte enthält, dass sie Fibrin nicht mehr auflösen kann, Syntonin und Propepton fortdauernd umwandelt.

Es scheint also, als ob man denjenigen Klinikern nicht beistimmen kann, welche nur dem Theil der Salzsäure, der Farbstoffreactionen giebt, Bedeutung für die Verdauung zuschreiben.

Nachdem die chemische Untersuchung des Mageninhaltes von den Klinikern adoptirt worden war, entstand eine fieberhafte Thätigkeit, Methoden zu erfinden, die Salzsäure sowohl nachzuweisen, wie quantitativ zu bestimmen. Die Methode Bidders und Schmidt's, welche stets ihr Ansehen behalten hat und auch gewiss immer behalten wird, bot allerdings dem nicht geschulten Chemiker gewisse Schwierigkeiten in der Ausführung dar.

Die verschiedenen Methoden mögen nun der Uebersichtlichkeit wegen eingetheilt werden in solche, welche die Gesamtsalzsäure, und solche, welche nur den Theil derselben, der auch nach Sättigung der Eiweissaffinitäten sich in vollkommen freiem Zustande befindet, bestimmen sollen. Zu den ersteren gehören die Methoden von Rabuteau (86), Hehner-Sehmann (70), Cahn und v. Mering (42), K. Mörner und mir (88), C. Th. Mörner (89), Leo (91), Braun (90), von Martius und Lüttke (47), zu den letzteren die Methoden von Reoch (48), Laborde (51), Szabo (52), Günzburg (93), Köster (67), Mintz (71), Boas (94), Hoffmann (95), Jolles (96), Toepfer (97) u. A. Ausserdem haben Hayem und Winter (98) (und Martius und Lüttke) nach der schon von Prout benutzten Idee Methoden ausgearbeitet, welche laut Angabe sowohl die an schwache organische Basen gebundene, wie auch die vollkommen freie Salzsäure bestimmen.

Eine Schilderung aller dieser Methoden glaube ich hier nicht geben zu brauchen, umsomehr als sie schon verschiedene Male von Anderen beschrieben worden sind. Ich verweise nur auf die „Klinische Diagnostik“ von v. Jaksch, die Lehrbücher von Ewald, Boas und Leo, „Die Magensäure“ von Martius und Lüttke, in welch' letzterer Arbeit sich eine verdienstvolle Zusammenstellung vorfindet. Da ich indessen im Folgenden bei den Methoden von Leo, Hoffmann, Hayem-Winter und Martius-Lüttke ein wenig verweilen werde, ist es vielleicht angemessen, diese hier in Kürze zu erörtern.

Leo (91), der auf die im Mageninhalte sich vorfindenden Phosphate grosse Rücksicht nimmt, gründet seine Methode darauf, dass eine Salzsäurelösung nach Schüttelung mit  $\text{CaCO}_3$  bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen gesättigt wird, während Lösungen von sauren Phosphaten durch dieselbe Behandlung nicht verändert werden sollen, oder, wie Leo (92) später seine Behauptung geändert hat: ihre Acidität nicht verändern. Nachdem die organischen Säuren durch Schüttelung mit Aether extrahirt worden sind, werden zu 10<sup>ccm</sup> des filtrirten Mageninhaltes 5<sup>ccm</sup> einer concentrirten Chlorcalciumlösung hinzugefügt und die Acidität durch Titrirung mit NaOH und Phenolphthalein bestimmt. Andere 15<sup>ccm</sup> werden mit 1 g  $\text{CaCO}_3$  versetzt, geschüttelt und filtrirt;



aus 10<sup>ccm</sup> des Filtrates wird die Kohlensäure durch Luftstrom ausgetrieben, 5<sup>ccm</sup> Chlorcalcium hinzugesetzt und die Acidität bestimmt. Die Aciditätsdifferenz soll die Salzsäure angeben.

Hoffmann (95) bedient sich der Erfahrung, dass die auch an schwache Basen gebundene Salzsäure Rohrzucker nicht invertirt. Der Versuch wird folgendermassen angestellt. Es werden vier gleiche Fläschchen bereitet, wovon das eine eine bekannte Menge Rohrzucker und Salzsäure enthält, das zweite dieselbe Menge Rohrzucker und Magensaft, das dritte reinen Magensaft, das vierte Magensaft, Rohrzucker und essigsaures Natron. Nachdem die Drehung aller vier Mengen bestimmt worden, werden die Fläschchen einige Stunden in die Wärme gestellt, wonach die Drehung wieder bestimmt wird. Die Berechnung findet nun statt nach der Formel  $lA - l(A - x) = C$ , worin  $A$  die ursprüngliche Zuckermenge,  $x$  dagegen die am Ende des Versuches umgewandelte angiebt. Da hier mit der Drehungszahl gerechnet wird, so muss man also für  $A$  den ganzen Umfang der Polarisation setzen, welchen die genommene Menge Rohrzucker unter dem Einfluss der Salzsäure überhaupt durchlaufen kann. Würde z. B.  $C$  für den Inhalt des ersten Fläschchens 0.7238 und  $C$  für denjenigen des zweiten 0.1151 gefunden, so wirkte die Salzsäure, deren Stärke durch die Versuchsanordnung bekannt ( $=0.05475$  HCl) war,  $\frac{0.7238}{0.1151} = 6.3$  mal

so stark als der angewandte Magensaft, d. h. derselbe enthält, weil die Reaktionsgeschwindigkeit *ceteris paribus* pro Volumeinheit der anwesenden Säuremenge sehr nahe proportional ist, 0.0085 wirksame Salzsäure. Die Drehung des Inhaltes im dritten und vierten Fläschchen bleibt im Allgemeinen dieselbe, woraus hervorgeht, dass weder in dem betreffenden Magensaft Substanzen vorhanden sind, welche durch die Salzsäure optisch verändert werden können, noch Fermente, welche ähnlich wie die Salzsäure wirken. Die invertirende Wirkung vorhandener organischer Säuren soll vermieden werden können.

Auch ein verwandtes Phänomen, die beschleunigende Wirkung von anwesenden Säuren auf die Spaltung eines Esters, hat Hoffmann (95 b) zur Aufstellung einer Methode benutzt, die vollkommen freie Salzsäure im Mageninhalt quantitativ bestimmen zu können.

Die Methode Hayems und Winters (98) ist eine geringe Veränderung des Prout'schen Verfahrens. Sie will bestimmen: die Totalmenge Chlor (chlore total,  $T$ ), das an anorganische Substanzen gebundene Chlor (chlore fixe,  $F$ ), die freie Salzsäure (acide chlorhydrique libre,  $H$ ), und die mit organischen Substanzen combinirte Salzsäure (acide chlorhydrique combiné organique,  $C$ ). Zu diesem Zwecke werden 5<sup>ccm</sup>

Mageninhalt in je drei Schalen abgemessen. *a* wird mit Soda im Ueberschuss versetzt, eingedampft, eingeascht, in  $\text{HNO}_3$ -haltigem Wasser gelöst, neutralisirt und das Chlor durch Titrirung mit  $\text{AgNO}_3$  bestimmt. *b* wird eingedampft und eine Stunde lang in  $100^\circ$  getrocknet, mit Sodalösung versetzt, wieder eingedampft, verascht und das Chlor wie bei *a* bestimmt. *c* wird abgedampft und ohne Zusatz verbrannt, die Kohle extrahirt und das Chlor wie oben bestimmt. *a* ist die Totalmenge Chlor in Salzsäure ausgedrückt;  $a-b$  soll die freie Salzsäure sein, *c* die an anorganische Basen gebundene und  $b-c$  die mit organischen Substanzen combinirte Salzsäure.

Die Methode von Martius und Lüttke (47) (eigentlich Lüttke) unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dass die Bestimmung *b* unterlassen und das Totalchlor direct (Resttitrirung) nach Volhard ausgeführt wird. Wenn die freie Salzsäure bestimmt wird, so geschieht dies durch Titrirung mit  $\text{NaOH}$  und Tropäolin 00 als Indicator.

Das von mir (89) nach K. Mörner's Idee ausgearbeitete und „Baryumcarbonatmethode“ genannte Verfahren hat sich vieler Aufmerksamkeit in der Litteratur zu erfreuen gehabt und Modificationen, Nachprüfungen und Kritiken haben zu vielem Schreiben Veranlassung gegeben.

Unmittelbar nach der Publicirung derselben in deutscher Sprache wurde von v. Jaksch (99) „eine Modification“ angegeben. Anstatt der Chromattitrirung führt v. Jaksch das im Wasserextracte der Asche vorhandene Chlorbaryum in Baryumsulfat über und wiegt dann. Wenn aber v. Jaksch diese Modification die „seine“ nennt, hat er vielleicht übersehen, dass ich die Titrirung vorschlug, gerade um eine Gewichtsanalyse zu umgehen, was ich in meinem Aufsatz auch ausdrücklich hervorhebe. — Katz (100) setzt zum Wasserextracte ein wenig Ammoniak und Chlorammonium hinzu und titirt mit Bichromat so lange, bis eine herausgenommene kleine Probe, mit ammoniakalischer Bleizuckerlösung versetzt, eine fleischfarbene Fällung giebt. Gegen dieses Verfahren muss bemerkt werden, dass Katz anwesenden Kalk auch als Baryt bestimmt. Die beigelegten Analysen zeigen einen Fehler von 14 und 16 Procent. — Bourget (101) schlägt dagegen eine ansprechende, wenn auch ein wenig umständliche Modification vor. Das Wasserextract wird mit Soda gefällt; die Fällung von  $\text{BaCO}_3$  wird aufs Filter genommen, gewaschen, in Salzsäure von bekannter Stärke gelöst und zum bekannten Volumen verdünnt, wovon ein aliquoter Theil mit Sodalösung titirt wird. — Boas (94) schlägt vor, bei der Endtitrirung  $\text{NaOH}$  anstatt Soda anzuwenden. — Salkowski-Fawizky (74) fällen den Wasserextract mit Soda oder Ammoniumcarbonat, nehmen die entstandene Fällung aufs Filter, waschen, lösen in  $\text{HCl}$ , dampfen

zur Trockne ein, lösen in Wasser und bestimmen vorhandenes Chlor durch Titrirung mit  $\text{AgNO}_3$ .

Die Anwendbarkeit der Methode ist von verschiedenen Verfassern constatirt worden: v. Jaksch (99, 102), Meyer (103), Fawizki-Salkowski (74), Rosenheim (104), Hoffmann (105), C. Mörner (89), Mintz (71 b), Boas (94), Graffenberger (107), Kossler (85), Leubuscher und Ziehen (108), Bondzynski (109), Biernacki (110) u. A. Im Allgemeinen hat man doch eine gewisse Unsicherheit bei der Beurtheilung des Eintrittes der Endreaction gefühlt, weshalb von den Meisten die Gewichtsanalyse angewendet worden ist. Gegen das Princip der Methode haben sich eigentlich nur einige Wenige geäußert, unter ihnen vorzugsweise Leo (111), welcher dieselbe mit so „groben Fehlern“ behaftet gefunden hat, dass er sie „leider“ durchaus verwerfen musste, ferner Mizerski und Nencki (76), Martius und Lüttke (47) und einige Andere, welche sich diesen Forschern angeschlossen haben. Die Bemerkungen dieser Verfasser werde ich im Folgenden citiren und zu widerlegen suchen.

Eine wichtige Veranlassung zu dem Widerstande, welchen Prout und diejenigen fanden, welche dafür hielten, dass der Magensaft sauer abgesondert würde, war ohne Zweifel die Schwierigkeit, zu begreifen, wie sich aus dem alkalischen Blut ein saueres Secret absondern kann. Wie dieses überhaupt möglich ist, hat man auf vielerlei Weise zu erklären versucht.

Schon Tiedemann und Gmelin (13) behandelten diese Frage und glaubten, dass die Salze des Blutes durch den Einfluss des Nervensystems in Säure und Base zerlegt würden, welche erstere direct mit den feineren Gefäßen den Magen erreichte. Sie glaubten nämlich gefunden zu haben, dass eine Verspätung der Verdauung eintrat, wenn die Nervi vagi durchschnitten wurden, und ein Aufhören derselben, wenn von ihnen ein Stück extirpirt wurde.

Eberle (53) schrieb dem in der Magenschleimhaut vorhandenen „Osmazom“, unter welchem Namen seiner Zeit die in Alkohol löslichen Extractivstoffe, welche man bei Arbeit mit Fleisch und anderen animalischen Substanzen erhielt, gingen, und dem Speichelstoff eine Bedeutung bei der Säurebildung zu, insofern als das Osmazom die Säure und der Speichelstoff die Base „anzog und festhielt“.

Es kam nun eine Zeit, wo man unerklärliche Phänomene durch die Einwirkung elektrischer Kräfte zu erklären oder, richtiger gesagt, ihnen zu entkommen suchte, und diesen Ausweg benutzte

Blondlot (112). Durch solch' eine Einwirkung wird in der Magenwand das Kochsalz des Blutes in NaOH und HCl zerlegt; die entstandene Salzsäure reagirt mit dem Calciumphosphat des Blutes unter Bildung von sauerem Phosphat und kleinen Mengen HCl wie  $H_3PO_4$ , welche in den Magen austreten. Eine Art Beweis für diese Anschauung suchte Blondlot darin, dass eine Kochsalzlösung, in welcher basisches Phosphat suspendirt war, bei Durchleitung von schwachen Strömen eine saure Reaction annahm.

Blondlot's Hypothese erhielt einen Vertheidiger in Brücke (113). Dieser, welcher Serienschnitte durch die Schleimhaut des Drüsenmagens eines Vogels gelegt hatte, fand, dass erst der Schnitt, bei welchem ein Stückchen von der freien Fläche mitkam, Lackmus röthete, und behauptete daher, dass erst an der Fläche der Schleimhaut diese elektromotorischen Kräfte zur Geltung gelangten. Ausserdem schrieb er den Zellen eine besondere Tendenz zu, die Säure nach innen und die Base nach aussen ins Blut zu treiben. Dass die Magenwand eines Thieres, das während der Verdauung getödtet worden ist, auch durch Verdauung untergeht, rührt davon her, dass diese Tendenz, die Säure ins Freie zu treiben, nach dem Tode nicht mehr stattfindet. — Auch Ralfe (132) unterstützt Blondlot.

Eine andere Ansicht wurde von Boudault (114) vertreten, welcher behauptete, dass der Magensaft neutral abgesondert würde, dessen Chloride von der durch Gährungsprocesse oder anderweitig gebildete Milchsäure aber unter Bildung von freier Salzsäure zerlegt würden.

Lussana (114b) spritzte in die Vena jugularis eines Hundes Brechweinstein ein, und Giorgini konnte bei der Analyse des Mageninhaltes freie Traubensäure in nicht geringer Menge nachweisen. Ein anderes Mal spritzte er Borax ein; bei der Analyse fand Truffi im Mageninhalt Milchsäure und „un petit globule microscopique translucide“, welches sehr gut Borsäure sein konnte! Aus diesen Versuchen schliesst Lussana, dass die Magendrüsen die Salze des Blutes im Allgemeinen zerlegen und zwar in freie Säure, die abgesondert wird, und freie Base, die sich mit der circulirenden Kohlensäure verbindet. Gewisse Salze, wie die Sulfate, werden jedoch nicht zerlegt. Eine Beobachtung von Contejean (115) schliesst sich derjenigen von Lussana an. Contejean konnte nach Einspritzung von Natriumnitrat (7:1000) ins Blut Salpetersäure mit Tetrapapier im Mageninhalt nachweisen.

Reoch (48) vermuthet, dass in der Magenwand während der Verdauung eine Oxydation von dem Schwefel des Eiweisses zur Schwefelsäure stattfindet, welche im statu nascendi sich mit NaCl umsetzt, wonach die also entstandene Salzsäure abgesondert wird.

In einer Sitzung der Société de Biologie in Paris 1874 stellte Claude Bernard an Berthelot die Frage, wie man es sich denken muss, dass eine alkalische Flüssigkeit wie das Blut ein saures Secret wie den Magensaft absondern kann, worauf Berthelot etwa folgendermassen antwortete (116): Durch die neueren Entdeckungen in der Thermochemie ist es bekannt, dass die Alkalisalze schwacher Säuren von dem Wasser, in welchem sie gelöst sind, zum Theil zerlegt werden, so dass die Lösung ein Gleichgewichtssystem bildet, in welchem auf der einen Seite Wasser und Salz, auf der anderen Wasser, freie Säure und freie Base sich befinden, die beiden letzteren in geringen Mengen. Diese Zerlegung ist grösser, wenn die Wassermenge grösser ist. Solch' eine Lösung ist eben das Blut, welches bei Anwesenheit von grosser Menge Wasser kleine Mengen Alkalisalze von schwachen Säuren, wie Kohlensäure, Harnsäure, Milchsäure und Fettsäuren, enthält; ausserdem sind Phosphate, welche auch vom Wasser zerlegt werden, vorhanden. Diese zerlegende Einwirkung des Wassers lässt sich leicht nachweisen: Wird das alkalische Blut mit Aether geschüttelt, so gehen die freien Fettsäuren in Aether über. Berthelot fügt hinzu, dass seine Erklärung vielleicht nicht für alle Fälle verwendbar ist, und dass dieselbe mehr eine Aufforderung zu experimentellen Prüfungen als eine absolute und definitive Theorie sein soll.

Berthelot ist also der erste, welcher die Gesetze der chemischen Massenwirkung auf das Blut angewendet hat: findet sich in freiem Zustande eine Säure im Blut, so müssen auch alle anderen Säuren, von welchen ein Salz vorhanden ist, zum Theil in freiem Zustande existiren. Dieser Anschauung gemäss ist auch freie Salzsäure im Blute, und es bietet nur dieselbe Schwierigkeit, zu verstehen, wie die Drüsenzellen sie so zu sagen auswählen und secerniren, als die, dass die Nierenepithelzellen Harnstoff, die Leberzellen spezifische Gallenbestandtheile u. s. w. absondern.

Erst drei Jahre später legte Maly (117) seine Theorie von der Säurebildung vor, welche der Anschauungsweise Berthelot's nahe verwandt ist. Diese Theorie lässt sich kurz in vier Punkte zusammenfassen:

1. Das Blut enthält seiner alkalischen Reaction ungeachtet sauer reagirende Salze, denn  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  wird von Kohlensäure in  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  und  $\text{NaHCO}_3$  zerlegt.
2. Auch die alkalisch reagirenden Salze  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  und  $\text{NaHCO}_3$  sind theoretisch saure Körper.
3. Dem Blute werden fortwährend Säuren wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und  $\text{H}_3\text{PO}_4$  durch die Oxydationsprocesse zugeführt.
4. In solch' einem complicirten Gemisch, wie es das Blutserum ist, sind, weil da eine Theilung zwischen Basen und

Säuren stattfindet, gewiss auch freie Säuren, also auch Salzsäure, vorhanden. Dass vorzugsweise Salzsäure durch die Magendrüsen abgesondert wird, kommt daher, dass sie ein ausserordentlich grosses Vermögen hat, durch Membranen zu passiren. Zum Bestande der Theorie ist auch erforderlich, dass man annimmt, dass die Magendrüsen sehr vollkommene Diffusionsapparate sind, welche auch das Vermögen besitzen, die neutralen und basischen Körper zurückzuhalten.

Zwei Theorien, welche wohl nur historisches Interesse haben, sind in den letzten Jahren von Landwehr (118) und von Liebermann (119) aufgestellt worden. Landwehr lässt das thierische Gummi auch bei der Magensaftsecretion eine Rolle spielen. In der Magenschleimhaut findet sich ein Ferment, welches aus thierischem Gummi Milchsäure producirt, welche sich mit Chloriden umsetzt. Die dabei entstandenen Laktate werden wieder resorbirt, die gebildete Salzsäure wird an das per os eingenommene Eiweiss gebunden, nach dessen Peptonisirung die Salzsäure wirklich frei wird, so dass sie mit Methylviolett nachgewiesen werden kann. Liebermann (119) schreibt dem von ihm entdeckten Lecitalbumin, welches in der Magenschleimhaut anzutreffen sein soll, eine Bedeutung für die Salzsäurebildung zu: Freie Salzsäure entsteht in der die Magenschleimhaut durchfliessenden Gewebeflüssigkeit grossentheils durch die Einwirkung von der bei der Oxydation gebildeten Kohlensäure auf Chlornatrium. Die Salzsäure diffundirt schnell in die Ausführungsgänge der Magendrüsen, wovon sie theils gegen die freie Fläche der Schleimhaut, theils in entgegengesetzter Richtung gegen Lymphgefässe und Venen geht. Das gebildete Carbonat wird an Lecitalbumin unter Bildung von einem koloïden, nicht diffundirenden Körper gebunden und bis auf Weiteres magazinirt. Da der Reizzustand der Schleimhaut am Schlusse der Verdauung abnimmt, beginnt diese Verbindung von der Kohlensäure zerlegt zu werden, wobei Natriumcarbonat, welches schnell hinwegdiffundirt, wieder entsteht und das Lecitalbumin frei wird.

---

Nachdem Eberle (53) 1833 die wichtige Entdeckung gemacht hatte, dass der in Wasser gelöste saure Magenschleim dasselbe eiweissdigerende Vermögen wie der Magensaft selbst besass und dass der während Hunger abgesonderte alkalische Schleim, in Wasser gelöst, erst nach Zusatz von Salzsäure oder Essigsäure wirksam wurde, stellte sich allmählich eine Frage zur Beantwortung auf: in welchem Grade können die verschiedenen Säuren die Salzsäure bei der Verdauung ersetzen?

Schon Claude Bernard (24) hatte, wie wir uns erinnern, aus theoretischen Gründen, die Ansicht ausgesprochen, dass die Art der Säure gleichgültig wäre.

Der erste, der etwas ausführlichere Versuche anstellte, dies zu entscheiden, war Lehmann (120), der den Schluss zog, dass Salzsäure und Milchsäure die einzigen Säuren sind, welche mit Pepsin kräftig wirkende Lösungen geben. Schwefelsäure, Salpetersäure und Essigsäure wirken bedeutend schlechter, und Phosphorsäure, Oxalsäure, Traubensäure und Bernsteinsäure können gar nicht an Stelle der Salz- und Milchsäure treten.

Wie Lehmann fand Donders (121), dass  $\text{HCl}$  und  $\overline{\text{La}}$  kräftigere Lösungen als  $\overline{\text{Ac}}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  geben, und Meissner (122) hat die Erfahrung gemacht, dass man zehnmal so starke Milchsäure wie Salzsäure nehmen muss, um eine künstliche Verdauung hervorzurufen; jedenfalls wurde die Wirkung eine sehr schwache. Sauerer Calciumphosphat digerirte nicht.

Ausführliche und systematische Untersuchungen sind von Davidson und Dieterich (123) ausgeführt worden und verdienen, etwas ausführlicher referirt zu werden. Von den zu untersuchenden Säuren ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\overline{\text{O}}$ ,  $\overline{\text{Tr}}$ ,  $\overline{\text{Ac}}$  und  $\overline{\text{La}}$ ) wurden zehn verschiedene Concentrationsgrade hergestellt und durch Titrirung mit Natronlauge ( $1^{\text{cem}} = 0.02\% \text{ NaOH}$ ) bestimmt. Die Concentration  $\text{HCl}_1$  ist eine Salzsäure, von welcher  $1^{\text{cem}}$  durch  $1^{\text{cem}}$   $\text{NaOH}$  neutralisirt wird;  $10^{\text{cem}}$   $\text{HCl}_x$  werden von  $1^{\text{cem}}$   $\text{NaOH}$  neutralisirt u. s. w. Die Verdauungsflüssigkeit wurde durch Extraction mit Salzsäure aus der Magenschleimhaut hergestellt, der Extract wurde neutralisirt und mit derjenigen Säure, deren Wirkung untersucht werden sollte, versetzt. Das Verdauungsmaterial war Fibrin und coagulirtes Eiweiss. Durch Augenmass wurde bestimmt, welche Concentrationen von den verschiedenen Säuren binnen derselben Zeit gleiche Mengen verdaut hatten, woraus Davidson und Dieterich auf die Frage, welche Concentrationsgrade einander entsprechen, Antwort erhielten. Sie fanden, dass  $\text{HCl}_x$  (0.1825),  $\text{H}_3\text{PO}_{4,x}$  (0.245%),  $\overline{\text{O}}_x$  (0.225%),  $\overline{\text{Tr}}_v$  (1.5%),  $\overline{\text{Ac}}_1$  (3%) und  $\text{HNO}_{3,xx}$  (0.16%) in ihrer Wirkung gleich waren. Werden die Zahlen in Aequivalente umgerechnet, so finden wir, dass  $0.025\ n\ \text{HNO}_3$ ,  $0.025\ n\ \text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $0.05\ n\ \text{HCl}$ ,  $0.05\ n\ \frac{1}{2}\ \overline{\text{O}}$ ,  $0.2\ n\ \frac{1}{2}\ \overline{\text{Tr}}$  und  $0.5\ n\ \overline{\text{Ac}}$  einander entsprechen.

Weil die verschiedenen Säuren also weder in absoluten, noch in äquivalenten Mengen einander bei der Verdauung ersetzen, glaubten Davidson und Dieterich mit vollem Recht, dass ihre Untersuchungen

gegen Schmidt's Theorie von einer gepaarten Pepsinchlorwasserstoffsäure sprachen. Die ungleichen Wirkungen der verschiedenen Säuren sind dagegen abhängig von ihrem verschiedenen Vermögen, die Eiweisskörper in Schwellung zu bringen, wodurch das Pepsin in innige Berührung mit denselben kommt. Gegen die Untersuchung Davidson's und Dieterich's, welche übrigens alle Anerkennung verdient, lässt sich heut zu Tage der Einwand erheben, dass der Einfluss der Salze nicht beachtet worden ist: in jedem Versuch war Kochsalz, vielleicht in nicht geringer Menge zugegen, und wenn man dann z. B. Salpetersäure zusetzt, so wird die Base zwischen dieser und der Salzsäure im Verhältniss zu der Avidität dieser Säuren getheilt, und der erreichte Effect kann dann nicht der Salpetersäure allein zugeschrieben werden.<sup>1</sup> Ausserdem muss gesagt werden, dass das Augenmass der Willkür einen allzu grossen Spielraum lässt, wenn es gilt, eine „gleiché Menge Fibrin“ zu schätzen.

Mehrere Forscher haben sich nach Davidson und Dieterich mit dieser Frage beschäftigt.

A. Petit (124) untersuchte die Verdauungskraft und bestimmte das Optimum mehrerer Säuren. Er fand  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{Tr}$ ,  $\text{Ci}$ ,  $\text{Ma}$  und  $\text{O}$  mehr oder weniger wirksam,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Am}$ ,  $\text{Ac}$ ,  $\text{Bu}$ , Valeriansäure und  $\text{Su}$  waren dagegen ohne Einfluss. Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Säuren wird nicht angestellt. Nur wird gesagt, dass Milchsäure von 20 pro mill. ein Fünftel so gut wie Salzsäure von 3 pro mill. wirkt.

Mayer (125) digerirte in kleinen Glasröhren coagulirtes Eiweiss mit verschiedenen Säuren, welche denselben Titer wie eine 0.2 proc. Salzsäure hatten, und fand, dass gleich grosse Eiweissstücke gelöst wurden: von Salzsäure in 3 bis 5 Stunden, von Salpetersäure in 5 Stunden, von Oxalsäure in 13 Stunden und von Schwefelsäure in 19 Stunden. Ausserdem glaubte er gefunden zu haben, dass die verbrauchte Zeit im umgekehrten Verhältniss zu den Pepsinmengen stehe.

Putzey (126), welcher die Halogensäuren untersuchte, fand, dass in äquivalenten Mengen Salzsäure am besten, demnächst die Bromwasserstoffsäure und am wenigsten die Jodwasserstoffsäure Fibrin digerirte, welcher Umstand seiner Ansicht nach der klinischen Erfahrung entspricht, dass Bromkalium weniger Verdauungsbeschwerden als Jodkalium hervorruft.

<sup>1</sup> Davidson und Dieterich machten jedoch auch Versuche, in welchen die Schleimhaut direct mit der zu untersuchenden Säure extrahirt worden war.



Thoyer (127) untersuchte verschiedene Säuren in gleichen Concentrationen (nach Procentgehalt gerechnet) und glaubte mit Rücksicht auf ihre verdauende Kraft folgende Reihenfolge für sie aufstellen zu können:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ac}$ ,  $\text{Ox}$ ,  $\text{Tr}$ ,  $\text{Ci}$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{HFl}$  und  $\text{HNO}_3$ .

Stutzer (127b) untersuchte verschiedene Säuren in Concentrationen 0.05, 0.1 und 0.2 Procent und fand folgende relative Werthe für 0.1 Procent:  $\text{HCl}$  62, Ameisensäure 30,  $\text{La}$  39,  $\text{Tr}$  34, Aepfelsäure 33, Buttersäure 7,  $\text{Ac}$  7, Propionsäure 1.

Ferranini (128) hält dafür, dass organische, durch Gährung gebildete Säuren bei Mangel an freier Salzsäure im Ventrikel deren Rolle bei der Proteolyse zum Theil übernehmen können, und hat gefunden, dass das absolute Maass der proteolytischen Wirkung der organischen Säuren im geraden Verhältniss zu ihrer Menge steht.

Hoffmann (129) hat eine sehr interessante Untersuchung ausgeführt und dabei gefunden, dass die verschiedenen Säuren mit Rücksicht auf ihre proteolytische Wirkung in einer Reihe aufgestellt werden können, welche mit derjenigen zusammenfällt, die man erhält, wenn man sie nach ihrer invertirenden Kraft oder ihrem Dissociationsgrade ordnet. Von hart coagulirtem Eiweiss wurden kleine Stückchen von gleicher Grösse und gleicher Form in kleine Eprouvetten gelegt, welche die zu untersuchenden Säuren — alle 0.1 Mol. N. — nebst gleichen Mengen von im Handel vorkommendem Pepsin enthielten. Vermitteltst einer kleinen Vorrichtung wurden die kleinen Eiweissstückchen in beständiger Bewegung gehalten. Die Eprouvetten wurden sechs Stunden lang in constanter Digestionstemperatur gehalten, wonach das Ungelöste herausgenommen, der Rückstand neutralisirt, eingedampft, getrocknet und gewogen wurde; das Gewicht des Pepsins und der Salze kam in Abzug. Es zeigte sich nun, dass die verschiedenen Säuren das Eiweiss in solchen Proportionen gelöst hatten, dass, wenn die von Salzsäure gelöste Menge auf 1000 geschätzt wurde, die entsprechende Zahl für  $\text{H}_3\text{PO}_4$  670, für  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  550, für  $\text{H}_2\text{SO}_4$  250, für  $\text{Ci}$  150, für  $\text{La}$  90 und für  $\text{Ac}$  0 wurde. Wenn man die Säuren nach ihrem Dissociationsgrad ordnet, erhält man ganz dieselbe Serie mit Ausnahme von Schwefelsäure, welche der Salzsäure am nächsten kommt. Dass die Schwefelsäure eine Ausnahme machte, glaubt Hoffmann davon abhängig, dass die Eiweissstückchen sich bei der Verdauung in dieser Säure mit einer schmierigen Belegung umgaben, welche die Säurewirkung alsdann hinderte. Ohne dies ausdrücklich zu sagen, scheint Hoffmann auf Grund dieses Befundes zu behaupten, dass die verschiedenen Säuren bei der Pepsinverdauung einander nach demselben Gesetz ersetzen, welches bei

der Inversion gilt. — Bei der Darlegung meiner eigenen Untersuchungen werde ich auf diese Frage zurückkommen.

In letzter Zeit haben sich Hübner (130) und Hahn (131) mit der Frage betreffs der verschiedenen Säurewirkungen beschäftigt. Hübner stellte Digestionsversuche von getrocknetem Fibrin mit den Hologen-säuren an und glaubt gefunden zu haben, dass die Säuren — von gleichem Procentgehalt — mit Rücksicht auf ihre Verdauungswirkung folgende Rangordnung einnehmen: HFl, HCl, HBr und HJ, d. h. eine Reihenfolge, welche die umgekehrte von derjenigen der Molekulargrösse ist. Die Verdauungsgrösse wurde durch Stickstoffbestimmungen gefunden.

Endlich hat Hahn HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> und einige organische Säuren derselben Untersuchung unterworfen und dabei sowohl coagulirtes Hühnereiweiss und Fibrin, als flüssiges Eiweiss als Digestionsmaterial angewendet. Die Stärke der Salzsäure war titrimetrisch auf 0.28 Procent bestimmt, und die übrigen Säuren waren dieser äquivalent. Bei Digestion von gelöstem Eiweiss erhielt er folgende Serie: HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, bei der von Fibrin und coagulirtem Eiweiss dagegen kam die Phosphorsäure vor der Schwefelsäure.

## Eigene Untersuchungen.

### I. Eine Salzsäurebestimmungsmethode.

Die im Vorstehenden erwähnte Salzsäurebestimmungsmethode, welche ich vor mehreren Jahren nach einer Idee von K. Mörner ausarbeitete, hat, wie viele Verfasser hervorgehoben haben und was ich auch gern zugebe, einen schwachen Punkt: die Ungewissheit, welche sie dem in der Titrirung nicht Geübten bereiten kann, das Eintreten der Endreaction zu erkennen. Die vielen Modificationen, welche die Methode allmählich von Anderen erfahren hat, zeigen dies.

Als ich das Studium der „Salzsäurefrage“ wieder aufnahm, um den Einwendungen gegen die Methode, welche auch aus anderen Gesichtspunkten gemacht worden sind, zu begegnen, wurde von Professor K. Mörner meine Aufmerksamkeit auf eine Titrirungsmethode gelenkt, welche Hager (133) zum Titerstellen der Hyposulfitlösungen empfiehlt und die sich auf folgende Reaction gründet:



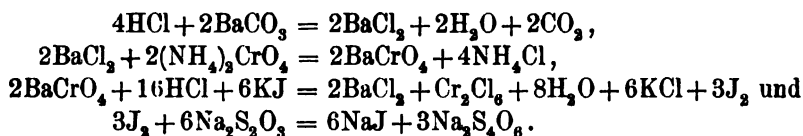
Mörner schlug mir vor nachzusehen, ob nicht eine einfache Bestimmungsmethode der Salzsäure auf der Basis dieser Reaction ausgearbeitet werden könnte.

Die Methode, Chromsäure durch Erhitzen mit Salzsäure, Hineinleitung der entwickelten Chlordämpfe in Jodkaliumlösung und Titrirung mit Hyposulfit auf abgeschiedenes Jod zu bestimmen, ist seit lange bekannt und angewandt worden. Schon 1868 machte Zulkowsky (134) umfassende Versuche, um die Zuverlässigkeit der Methode zu prüfen und zeigte, dass die Destillation überflüssig ist:  $\text{CrO}_3$  und  $\text{HJ}$  setzen sich schon in Lösung miteinander um. Ist die Lösung sehr verdünnt, können doch  $\text{CrO}_3$  und  $\text{HJ}$  in merklicher Menge eine kleine Weile neben einander existiren, wonach jedoch vollständige Umsetzung stattfindet, was durch die allmählich eintretende Nachbläuung sichtbar wird. Wendet man einen geeigneten Säuregrad an und ist man vorsichtig bei der Hyposulfitzusetzung, so tritt jedoch sofort vollständige Umsetzung ein, was die beigelegten Analysen sehr schön zeigen.

In einer Serie von Aufsätzen in der Zeitschrift für analytische Chemie hat Fresenius mehrere Methoden angegeben, wie die alkalischen Erdmetalle, wenn sie in der Lösung gleichzeitig zugegen sind, geschieden und bestimmt werden können. Unter diesen Methoden findet sich auch eine (135), welche sich auf die verschiedene Löslichkeit der Chromate dieser Metalle gründet. Fresenius hat nämlich gezeigt, dass  $\text{BaCrO}_4$  in Essigsäure etwas löslich ist, dagegen unlöslich in Ammoniumchromat auch bei Anwesenheit von Essigsäure, vorausgesetzt, dass  $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$  in solchem Ueberschuss vorhanden ist, dass die Lösung (praktisch gesehen) keine freie Essigsäure enthält. Das Calciumchromat ist dagegen unter diesen Verhältnissen löslich.

Bei der Bestimmung von Baryt bei Anwesenheit von Kalk verfährt daher Fresenius folgendermassen. Die Lösung wird mit  $\text{Ac}$  und Ammoniumacetat versetzt und kochendheiss mit neutralem Ammoniumchromat gefällt, wobei  $\text{BaCrO}_4$  durch etwas  $\text{CaCrO}_4$  verunreinigt ausfällt. Wünscht man jetzt absolut richtige Werthe zu erhalten, so wird die Fällung in Salpetersäure gelöst und aufs Neue gefällt, gewaschen, getrocknet, gegläht und gewogen (die Analyse gab bei Anwesenheit von 0.2493<sup>g</sup> Kalk 0.2844 anstatt 0.2846<sup>g</sup> Baryt). Wenn ein Fehler von + 0.5 Procent nichts zu bedeuten hat, braucht man nur einmal zu fällen (diese Analyse gab 0.2860<sup>g</sup> anstatt 0.2846<sup>g</sup> Baryt). Fresenius fällt mit Ammoniumchromat und nicht mit dem Kaliumsalze, weil die Fällung in letzterem Falle sich nur mit Mühe von Kaliumsalz freiwaschen lässt.

Der Plan der neuen Bestimmungsmethode geht aus folgendem Reactionsschema leicht hervor:



Bei meinen ersten Versuchen — ich hatte damals von den eben erwähnten Arbeiten Fresenius' noch keine Kenntniss — fällte ich mit sauerem Kaliumchromat bei Anwesenheit von Essigsäure in Ueberschuss und erhielt, obgleich  $\text{BaCrO}_4$  in  $\overline{\text{Ac}}$  nicht ganz unlöslich ist, ziemlich gute, im Allgemeinen doch etwas zu niedrige Werthe. Der Verlust, welchen ich dabei zweifelsohne erlitt, scheint von dem Fehler in umgekehrter Richtung kompensirt worden zu sein, welcher darauf beruhte, dass Kaliumsalz sich an die Fällung energisch heftete.

Zur Ausführung der Methode werden folgende Lösungen gefordert:

Ammoniumacetat, durch Neutralisirung von 25procentiger Essigsäure mit 10procentigem Ammoniak hergestellt.

Essigsäure von 25 Procent.

Salzsäure von 25 Procent.

Neutrales, schwefelsäurefreies Ammoniumchromat (etwa von 6 Procent), welches durch Herstellung von sauerem Chromat aus  $\text{CrO}_3$  und Ammoniak, und wiederholte Umkrystallisirung des Salzes, bis dasselbe nach Reduction mit Aethylalkohol und  $\text{HCl}$  bei Zusatz von Chlorbaryum keine Fällung mehr giebt, dienlichst bereitet wird. Das Salz wird in Wasser gelöst und bis zu neutraler Reaction mit Ammoniak versetzt.

Jodkaliumlösung — 50 $\text{g}$  in 100 $\text{ccm}$  Wasser — in undurchsichtiger Flasche aufbewahrt.

Jodzinkstärke, welche nach Hager folgendermassen bereitet wird: 4 $\text{g}$  Stärke, 20 $\text{g}$   $\text{ZnCl}_2$  und 100 $\text{g}$  Wasser werden unter Ersatz des verdampfenden Wassers gekocht, bis die Stärke fast vollständig gelöst ist. Dann wird zu der erkalteten Flüssigkeit die farblose, filtrirte  $\text{ZnJ}_2$ -Lösung, frisch bereitet durch Erwärmung von 1 $\text{g}$  Zinkfeile mit 2 $\text{g}$  Jod und 10 $\text{g}$  Wasser, hinzugefügt, worauf die Flüssigkeit zu 1 Liter verdünnt und filtrirt wird.

Hyposulfitlösung von solcher Stärke, dass 1 $\text{ccm}$  etwa 3 $\text{mg}$   $\text{HCl}$  entspricht. Von umkrystallisirtem Natriumhyposulfit werden 31 $\text{g}$  abgewogen und zu 1 Liter gelöst. Um jetzt den genauen Titer der Lösung zu bestimmen, verfährt man folgendermassen: Kaliumbichromat

wird umkrystallisirt und bis zur Schmelzung erhitzt; nach Abkühlung im Exsiccator werden von dem Salze etwa 10<sup>g</sup> genau abgewogen und zu 1 Liter gelöst. Von dieser Lösung werden genau 10<sup>ccm</sup> abgemessen, mit etwa 40<sup>ccm</sup> Wasser verdünnt und mit 2<sup>ccm</sup> Jodkaliumlösung und 5<sup>ccm</sup> Salzsäure versetzt, wonach vorsichtig und unter lebhafter Umrührung mit der Hyposulfitlösung titirt wird, bis die rothe Jodfarbe zu erbleichen beginnt, wo dann 2<sup>ccm</sup> Stärkelösung und darauf mehr Hyposulfit hinzugefügt wird, bis die intensiv blaue Farbe in die blassgrüne Farbe des Chromchlorids umschlägt. Wir nehmen an, dass die Kaliumbichromatlösung 10·10<sup>g</sup> Salz in 1 Liter enthält und dass 16<sup>ccm</sup> Hyposulfitlösung verbraucht sind. Dem eben erwähnten Reactionsschema gemäss entsprechen 294·6<sup>g</sup> K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 145·8<sup>g</sup> HCl, und 1<sup>ccm</sup> Hyposulfit entspricht folglich  $\frac{0 \cdot 101 \times 145 \cdot 8}{294 \cdot 6 \times 16} = 3 \cdot 124 \text{ mg HCl.}^1$  Wünscht man, um die Rechnung bequemer zu machen, dass 1<sup>ccm</sup> genau 3<sup>mg</sup> HCl entsprechen soll, so findet man durch eine einfache Rechnung, wie viel man die Lösung zu verdünnen hat.

Die Titirung muss unter lebhafter Umrührung und nicht zu heftig ausgeführt werden; es ist nämlich nothwendig, dass das Hyposulfit sogleich mit dem Jod in Berührung kommt; anderenfalls wird dasselbe unter Bildung von SO<sub>2</sub> und Abscheidung von Schwefel von der Säure zerlegt; SO<sub>2</sub> braucht aber für seine Oxydation zwei Atome Jod ( $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{J}_2 = 2\text{HJ} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ), und so geht die Analyse verloren.

Das Jodkalium wird am besten vor der Säure zugesetzt, wodurch Verlust durch Abdampfen von Chlor vermieden wird. Weil die Hyposulfitlösung, insbesondere beim Stehen im Sonnenlicht oder in kohlensäurereicher Atmosphäre ihren Titer verändert (Topf, 136), muss sie bisweilen controlirt werden.

Die eigentliche Salzsäurebestimmung wird folgendermassen ausgeführt. 10<sup>ccm</sup> von dem filtrirten oder unfiltrirten — ich komme auf diese Frage zurück — Mageninhalt werden in einer kleinen Platina- oder Nickelschale mit etwa 0·5<sup>g</sup> reinem, chlorfreiem Baryumcarbonat versetzt. Mit einem Glasstabe oder einem kleinen Spatel werden zusammengebackene Klumpen gut zerrieben, wonach die Flüssigkeit auf Wasserbad zur Trockne eingedampft wird. Auf diese gleiche Vertheilung des Baryumcarbonates in der Flüssigkeit lege ich besonderes Gewicht; kommt nämlich das Baryumcarbonat in Klumpen vor, so kann es möglicherweise geschehen, dass die Eiweissfällung, welche zuweilen

<sup>1</sup> Ueberall in diesem Aufsatz, wo mit Atomgewichten gerechnet wird, sind die in Ostwald's Lehrbuch, Bd. I, S. 126 angeführten (O = 16, H = 1·008) angewandt.

in der Neutralisationszone um die Klumpen herum entsteht, sie so zu sagen umhüllen, was eine vollständige Neutralisation der Salzsäure in Frage stellt. Der Rückstand wird verbrannt, am besten mittels Vertheilungsbrenner, und bis zum Grauwerden der Asche bei gelinder Temperatur verascht. Ueberdeckt man dabei die Schale mit einem Platinablech, so erhält man leicht vollständige Veraschung, ohne höhere Temperatur als kaum Rothglühhitze anwenden zu müssen. Die Asche wird mehrere Male mit kleinen Mengen kochenden Wassers extrahirt und durch ein kleines Filter in einen Becher filtrirt. Die Extrahirung wird so lange wiederholt, bis das Filtrat keine Chlorreaction mehr giebt. Es bietet keine Schwierigkeit, vollständig zu extrahiren und doch das Volumen des Filtrates auf 50<sup>cem</sup> zu begrenzen. Das Filtrat wird mit 4<sup>cem</sup> Ammoniumacetat und 1<sup>cem</sup> Essigsäure versetzt, dann aufgekocht und mit 15<sup>cem</sup> Ammoniumchromat gefällt. Die Mischung lässt man ein bis zwei Stunden stehen, wonach man auf ein nicht zu grosses wohl angelegtes Filtrum von schwedischem Filtrirpapier decantirt, welches die feine Fällung vortrefflich zurückhält. Die Fällung wird im Becher mit heissem Wasser, mit ein paar Cubikcentimeter Chromatlösung versetzt, aufgeschlämmt, nach der Abkühlung filtrirt — natürlicherweise auf demselben Filter — und mit kaltem Wasser gewaschen, bis das Filtrat mit Silbernitrat keine deutliche Chromatreaction mehr giebt. Verfährt man auf diese Weise, so erhält man ein absolut klares Filtrat, in welchem man nach der Reduction der Chromsäure keine Spur von Baryt nachweisen kann. Die Fällung nebst dem Filter bringt man in denselben Becher, worin das Füllen ausgeführt wurde, fügt dann etwa 10<sup>cem</sup> Wasser nebst ein paar Tropfen Salzsäure hinzu, zerreibt das Filtrum mit einem Glasstabe und bringt das Baryumchromat in Lösung, wobei genau nachzusehen ist, dass alles an den Wänden des Bechers haftende BaCrO<sub>4</sub> wirklich in Lösung kommt. Sodann werden etwa 30<sup>cem</sup> Wasser, 2<sup>cem</sup> Jodkaliumlösung und zuletzt 5<sup>cem</sup> Salzsäure zugesetzt, und die Titrirung erfolgt, wie ich oben beschrieben habe.

Auf diese Weise beschränkt sich die ganze Methode auf eine Veraschung, zwei Filtrirungen und eine Jodtitrirung, deren Endreaction scharf ist und den Ausführenden nicht in Ungewissheit lässt, und welche Titrirung ausserdem angenehm zu handhaben ist. Sehr wichtig ist natürlicherweise, dass die BaCrO<sub>4</sub>-Fällung wie das Filtrum vollkommen frei von gelösten Chromaten gewaschen wird, und dass man übrigens genau und gut arbeitet.

Dass das gleichzeitig anwesende Filtrirpapier keinen störenden Einfluss ausübt, davon habe ich mich durch directe Versuche überzeugt.

Bei Titrirung auf Chromatlösungen wurde dieselbe Menge Hyposulfit bei Gegenwart, wie bei Abwesenheit von Filtrirpapier verbraucht, und habe ich in dieser Beziehung sowohl schwedisches Papier, als Papier von Dreverhof und Schleicher & Schüll geprüft.

Um die Anwendbarkeit der Titrirungsmethode für den fraglichen Zweck zu controliren, habe ich dieselbe theils an reinen und theils an mit Calcium-, Magnesium- und Alkalichloriden versetzten Chlorbaryumlösungen ausgeführt.

Nummer		Verbrauchte Cubikcenti- meter Hyposulfit (1 <sup>ccm</sup> = 2.966 <sup>mg</sup> HCl)	Milligramm HCl		Differenz in Procenten vom Berechneten
			Berechnet	Gefunden	
1	} 10 <sup>ccm</sup> 0.1 n $\frac{1}{2}$ BaCl <sub>2</sub> + 40 <sup>ccm</sup> aq. {	12.25		36.33	-0.36
2		12.28		36.42	-0.01
3		12.27		36.39	-0.19
	Mittel:		36.46	36.38	-0.19
4	} 10 <sup>ccm</sup> 0.1 n $\frac{1}{2}$ BaCl <sub>2</sub> + 2 <sup>ccm</sup> CaCl <sub>2</sub> (5 <sup>0/0</sup> ) + 2 <sup>ccm</sup> MgCl <sub>2</sub> {	12.40		36.78	+0.88
5		12.30		36.48	+0.01
6		12.35		36.63	+0.47
	Mittel:		36.46	36.63	+0.46
7	} 10 <sup>ccm</sup> 0.05 n $\frac{1}{2}$ BaCl <sub>2</sub> + 1 <sup>ccm</sup> CaCl <sub>2</sub> (20 <sup>0/0</sup> ) + 1 <sup>ccm</sup> n NaCl + 1 <sup>ccm</sup> n KCl {	6.20		18.39	+0.88
8		6.12		18.15	-0.44
9		6.12		18.15	-0.44
	Mittel:		18.23	18.23	0
10	} 10 <sup>ccm</sup> 0.025 n $\frac{1}{2}$ BaCl <sub>2</sub> + 1 <sup>ccm</sup> CaCl <sub>2</sub> (20 <sup>0/0</sup> ) + 1 <sup>ccm</sup> n NaCl + 1 <sup>ccm</sup> n KCl {	3.10		9.195	+0.88
11		3.15		9.343	+2.44
12		3.05		9.046	-0.76
	Mittel:		9.115	9.195	+0.85

Die gefundenen Werthe sind also gute; für reine Chlorbaryumlösungen sind sie so gut wie absolut richtig, bei Anwesenheit von Kalk und Magnesia zeigen sie die Tendenz, ein wenig zu hoch auszufallen, jedoch nicht mehr als im Mittel ein halbes Procent. Baryt lässt sich sodann vollständig durch Ammoniumchromat ausfällen, und BaCrO<sub>4</sub> lässt sich durch Titrirung gleich gut wie durch Wägung bestimmen.

Gegen den letzteren Theil der Methode — das Ueberführen von Chlorbaryum in Chromat und dessen Bestimmung durch Titrirung — lässt sich folglich keine berechtigte Anmerkung machen. Gilt dies aber auch für den vorigen Theil derselben — die Neutralisirung mit BaCO<sub>3</sub>, die Eintrocknung, die Veraschung und die Extrahirung?

In der Asche findet sich  $\text{BaCO}_3$  im Ueberschuss, und weil die Extrahirung mit heissem Wasser gemacht wird, kann man annehmen, dass das Filtrat mit  $\text{BaCO}_3$  beinahe gesättigt sein soll. Nach Fresenius wird ein Theil  $\text{BaCO}_3$  von 15000 Theilen kochenden Wassers gelöst; in 50<sup>ccm</sup> können also 3.3<sup>mg</sup>  $\text{BaCO}_3$  zugegen sein, welche 1.2<sup>mg</sup>  $\text{HCl}$  entsprechen. Wurde  $\text{BaCO}_3$  mit 50<sup>ccm</sup> kochendem Wasser behandelt, filtrirt, das gelöste Carbonat in Chromat übergeführt und titirt, so wurde 0.5<sup>ccm</sup> Hyposulfit verbraucht = 1.48<sup>mg</sup>  $\text{HCl}$ , oder nahezu der berechnete Werth. Eigentlich wäre demnach diese Quantität von der gefundenen Salzsäuremenge abzuziehen; gleichzeitig macht sich aber eine Fehlerquelle in entgegengesetzter Richtung insofern geltend, als es nicht gelingt, alles Chlor aus der Asche zu extrahiren. Das Waschwasser giebt freilich keine Reaction auf Chlor; wird aber die Asche in salpetersaurem Wasser gelöst, so erhält man mit  $\text{AgNO}_3$  immer Trübung, worauf übrigens Kossler (85) schon die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Weil indessen die Analysen von Salzsäurelösungen, auch bei Anwesenheit von Chloriden und aschefreien organischen Stoffen, schöne Werthe geben, zeigt dies, dass die beiden Fehler einander compensiren und dass keine Correction gemacht werden soll. Ich gestehe ein, dass dieses Verfahren ein wenig willkürlich ist; man muss jedoch bedenken, dass der wirkliche Fehler um ein Milligramm schwankt. Ist die ursprüngliche Salzsäuremenge gering, kann der Fehler natürlich gross erscheinen; diese Ungelegenheit aber theilt die Methode mit allen anderen analytischen Methoden, welcher Art sie auch sein mögen.

Von Leo (111) sind gegen das Princip der Methode die Einwendungen gemacht worden, dass Chlornatrium bei Glühen mit  $\text{BaCO}_3$  zerlegt wird, dass dasselbe in noch höherem Grade mit Salmiak zutrifft und dass die anwesenden Phosphate einen Verlust von nahezu 70 Procent  $\text{HCl}$  verursachen können.

Was die erste von diesen Einwendungen betrifft, so kann ich nicht bestreiten, dass man  $\text{NaCl}$  wirklich zerlegen kann, wenn man durch energisches Glühen eine solche Zerlegung beabsichtigt. Vor unnöthig hoher Temperatur habe ich indessen ausdrücklich gewarnt, und die unten angeführten Analysen, wo  $\text{NaCl}$  reichlich zugegen war, zeigen gute Werthe. Kossler (85) findet gleichfalls diesen Einwand bedeutungslos; und Leo's eigene Analyse zeigt übrigens auch keinen grossen Fehler: 0.369 Procent  $\text{HCl}$  anstatt 0.357 Procent.

Was die Bedeutung des Salmiaks betrifft, so hat Leo unbedingt Recht. Das Vorkommen von Ammoniaksalzen im menschlichen Magensaft ist doch, gelinde gesagt, zweifelhaft. Bidder und Schmidt (32) fanden wohl Ammoniak im Magensaft des Hundes, Schmidt (32) aber nicht in



demjenigen des Menschen. Leo selbst hat in Bezug auf diese Frage Untersuchungen gemacht, und Ammoniak nur bei Urämie und chronischen Nephriten gefunden. Dagegen hat Rosenheim (137) in der Regel zwischen 0.1 und 0.15 pro Mille  $\text{NH}_3$  im Mageninhalt von Gesunden getroffen. Biernacki (110) fand oft kein  $\text{NH}_3$ . Die letzten Untersuchungen betreffs dieser Frage sind von Strauss (138) ausgeführt worden. Von zwölf Mageninhalten, Personen mit gesunden Nieren nach Ewald's Probenfrühstück entnommen, waren zwei durchaus frei von  $\text{NH}_3$ , die übrigen enthielten von 0.1 bis 0.25 pro Mille. Die Bestimmungen wurden so ausgeführt, dass 20 <sup>ccm</sup> filtrirter Mageninhalt neutralisirt, von ausgefälltem Syntonin filtrirt, mit  $\text{Ac}$  sauer gemacht, mit Tannin, Bleizucker und Schwefelwasserstoff gefällt, das Filtrat concentrirt und nach Schlösing auf  $\text{NH}_3$  bestimmt wurde. Von einer halben Semmel, derjenigen ganz gleich, welche zum Probefrühstück angewandt wurde, erhielt er aber nach ihrer Digestion mit  $\text{HCl}$  und Pepsin, wenn überhaupt  $\text{NH}_3$  zugegen war, soviel  $\text{NH}_3$ , als 0.085 pro Mille entsprach, und es scheint mir daher, als ob der Ammoniak, welcher aus dem Mageninhalte erhalten werden kann, wenigstens grösstentheils von der eingenommenen Probemahlzeit herrührt und also nicht unbedingt zugegen zu sein braucht, wenn man eine salmiakfreie Probemahlzeit anwendet.

Mizerski und Nencki (76) behaupten, dass  $\text{BaCl}_2$  bei Glühen unter Bildung von Baryt zerlegt wird, welches Kohlensäure aus der Luft unter Rückbildung von Carbonat begehrlieh aufnimmt, wodurch Verlust von  $\text{HCl}$  eintreten soll. Analysen zur Stütze dieser Annahme haben sie jedoch nicht beigelegt. Und Bondzynski (109) hat ausserdem durch directe Versuche gezeigt, dass  $\text{BaCl}_2$  bei fraglichen Temperaturen nicht zerlegt wird. Bei Anwesenheit von Eiweiss dagegen kommt nach Bondzynski eine solche Zerlegung zu Stande und kann 10 Procent erreichen. Wurde Baryumacetat vorher zugesetzt, so fiel jedoch der Verlust in die Fehlergrenze (etwa 2 Procent). Ich habe diesen Vorschlag Bondzynski's geprüft, aber nicht gefunden, dass derselbe wesentliche Vortheile darbietet. Ist  $\text{BaCO}_3$  in hinlänglicher Menge zugegen, und wird dasselbe in der Flüssigkeit gut vertheilt, so erhält man mit der unveränderten Methode gleich gute Werthe bei Gegenwart, wie bei Abwesenheit von Eiweiss. Ausserdem gilt aus Gründen, welche ich weiter unten anführen werde, die Regel: Je weniger Zusätze von Reagentien zu der ursprünglichen Flüssigkeit zu machen sind, desto besser.

An Salzsäurelösungen habe ich die neue Bestimmungsmethode bei Anwesenheit von Chloriden, Rohrzucker und Verdauungsproducten geprüft und gefunden, dass sie gute Werthe giebt.

Nummer		Verbrauchte Cubikcenti- meter Hyposulfit (1 <sup>ccm</sup> = 2·90 <sup>mg</sup> HCl)	Milligramm HCl		Differenz in Procenten vom Berechneten
			Berechnet	Gefunden	
13	10 <sup>ccm</sup> 0·05 n HCl + 1 <sup>g</sup> Rohrzucker	6·35		18·42	+1·0
14	10 <sup>ccm</sup> 0·05 n HCl + 2 <sup>ccm</sup> NaCl + 1 <sup>g</sup> Rohrzucker	6·40		18·56	+1·8
15	10 <sup>ccm</sup> 0·05 n HCl + 2 <sup>ccm</sup> n KCl + 1 <sup>g</sup> Rohrzucker	6·30		18·27	+0·2
16	10 <sup>ccm</sup> 0·05 n HCl + 1 <sup>ccm</sup> CaCl <sub>2</sub> (5%) + 1 <sup>g</sup> Rohrzucker	6·40		18·56	+1·8
	Mittel:		18·23	18·45	+1·2

Dialysirtes Hühnereiweiss wurde im Kochen coagulirt, gewaschen und getrocknet. 2<sup>g</sup> wurden in 100<sup>ccm</sup> pepsinhaltiger 0·05 n HCl digerirt bis zur Lösung des Eiweisses und 10<sup>ccm</sup> analysirt.

Nummer		Verbrauchte Cubikcenti- meter Hyposulfit (1 <sup>ccm</sup> = 2·90 <sup>mg</sup> HCl)	Milligramm HCl		Differenz in Procenten vom Berechneten
			Berechnet	Gefunden	
17	10 <sup>ccm</sup> . . . . .	6·10		17·69	-3·0
18	„ . . . . .	6·30		18·27	+0·2
19	„ . . . . .	6·30		18·27	+0·2
20	„ . . . . .	6·22		18·04	-1·0
	Mittel:		18·23	18·07	-0·9

Also giebt die Methode, im Ganzen genommen, Werthe, welche als sehr gute bezeichnet werden müssen. Auch die an Eiweiss gebundene Salzsäure wird vollständig wiedergefunden.

Wir werden jetzt die dritte Einwendung Leo's: den Einfluss gleichzeitig anwesender Phosphate besprechen. Dem Verlust an Salzsäure, welcher durch diese bedingt werden soll, ist von ihm und Anderen, welche sich ihm angeschlossen haben, eine grosse Bedeutung zugeschrieben worden.

Durch die Forschung der letzten Decennien ist unsere Auffassung von den Lösungen und den Reactionen, welche in ihnen vorgehen, eine ganz andere geworden; bei dem Studium über den Verlauf der

chemischen Reactionen haben wir auf früher nicht bekannte und folglich nicht beachtete Factoren Rücksicht zu nehmen: die chemische Massenwirkung und die elektrolytische Dissociation.

Die erste wissenschaftliche Theorie, die Weise, in welcher die chemischen Reactionen vorgehen, wurde bekanntlich von dem schwedischen Forscher Bergmann aufgestellt und kann folgendermassen ausgedrückt werden: Wenn der Stoff *A* grössere chemische Verwandtschaft zum Stoff *B* als zum Stoff *C* hat, so wird *C* von *B* aus seinen Verbindungen mit *A* vollständig verdrängt ( $AC + B = AB + C$ ). Dieser Theorie gemäss haben die Massen der reagirenden Stoffe keinen Einfluss auf die Reaction.

Durch Arbeiten von Berthelot und vor Allem von den Norwegern Guldberg und Waage (139) sind unsere Kenntnisse bedeutend erweitert. Lässt man z. B. Aethylalkohol und Essigsäure aufeinander einwirken, so setzen sich diese Stoffe unter Bildung von Aethylacetat und Wasser um, und umgekehrt zerfällt Aethylacetat bei Gegenwart von Wasser in Aethylalkohol und Essigsäure. In keinem Falle ist jedoch die Umsetzung vollständig, wie dies Bergmann's Theorie fordern würde; bei einer gegebenen Concentration stellt sich nach Verlauf einiger Zeit ein constantes Verhältniss zwischen den vier Stoffen ein, gleichviel ob man von Aethylalkohol und Essigsäure oder von Aethylacetat und Wasser ausging, welches Verhältniss sich nicht weiter verändert, wenn die Lösung auch noch so lange aufbewahrt wird. Man sagt in diesem Falle, dass ein Zustand von chemischem Gleichgewicht eingetreten ist:



(die Pfeile bezeichnen, dass die Reaction in beiden Richtungen vorgeht). Früher war man der Meinung, dass solche „umkehrbare“ oder „reciproke“ Reactionen zu den Ausnahmen gehörten; nunmehr aber unterliegt es keinem Zweifel, dass alle Reactionen umkehrbar sind, wenn auch die Mehrzahl, praktisch gesehen, vollständig verläuft.

Dass die Stoffe *A* und *B* mit einander in Reaction treten, kann man als dadurch veranlasst betrachten, dass zwischen ihnen eine Kraft wirkt, die chemische Verwandtschaftskraft. Wie die mechanischen Kräfte mit einander verglichen werden durch die Acceleration, welche sie in der Zeiteinheit einer gewissen Masse geben, so können die chemischen Kräfte durch die in der Zeiteinheit umgesetzte Masse gemessen werden. Die chemische Kraft, welche zwischen *A* und *B* wirkt, muss „der activen Masse“ von *A* und der von *B* proportional (wenn man unter activer Masse die Menge versteht, in welcher ein Stoff in der Volumeneinheit von dem Körper — hier Lösung — in welchem die

Reaction vorgeht, zugegen ist), und folglich gleich dem Producte der activen Masse von  $A$  und  $B$  multiplicirt mit einer Constante, welche von der chemischen Natur der beiden Stoffe und von der Temperatur abhängt, sein; diese Constante nannten Guldberg und Waage „den Affinitätscoefficienten“. Auf ähnliche Weise wird die zwischen  $A'$  und  $B'$  wirkende Kraft gemessen; wenn diese beiden, in entgegengesetzten Richtungen wirkenden Kräfte gleich sind, tritt Gleichgewicht in dem System ein. Eine Umsetzung findet sicherlich fortwährend statt, die Menge von  $A'$  und  $B'$  aber, welche sich in der Zeiteinheit durch Umsetzung von  $A$  und  $B$  bildet, ist der Menge von  $A$  und  $B$  gleich, welche in der Zeiteinheit durch Umsetzung von  $A'$  und  $B'$  gebildet wird. Bezeichnen wir die activen Massen von  $A$ ,  $B$ ,  $A'$  und  $B'$  mit bezw.  $p$ ,  $q$ ,  $p'$ ,  $q'$  und die beiden Affinitätscoefficienten mit  $k$  und  $k'$ , so erhalten wir für das chemische Gleichgewicht folgende Gleichung:

$$k p q = k' p' q',$$

welche Gleichung — Guldberg und Waage's Aequation — das Grundgesetz der chemischen Massenwirkung ausdrückt.

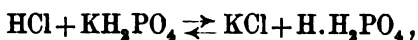
Eine 1885 ausgegebene Arbeit von van't Hoff (140), in welcher dieser Forscher folgende wichtige Verallgemeinerung des Avogadro'schen Gesetzes bewies: „Der Druck, welchen ein Gas bei einer gegebenen Temperatur besitzt, wenn eine bestimmte Anzahl von Molekülen in einem bestimmten Volumen verbreitet ist, ist gleich gross mit dem osmotischen Druck, welcher unter denselben Umständen von der Mehrzahl der Körper — eine Ausnahme machen die Elektrolyte — ausgeübt wird, wenn sie in einer beliebigen Flüssigkeit, einerlei welcher, aufgelöst sind,“ gab Arrhenius (141) die unmittelbare Veranlassung, seine Theorie von der elektrolytischen Dissociation aufzustellen, welche die Ausnahmestellung, welche die Lösungen der Elektrolyten dem van't Hoff'schen Gesetz gegenüber und auch aus anderen Gesichtspunkten einnahmen, glänzend erklärte. Dieser Theorie gemäss müssen wir uns vorstellen, dass verdünnte Lösungen von Salzen, starken Basen und Säuren diese Stoffe nur zum kleinsten Theile als Molekeln enthalten, dass vielmehr die Molekeln zum grössten Theile in ihre Ionen gespalten, „dissociirt“ sind. Der Grad dieser Dissociation ist für einen gewissen Stoff in reiner Wasserlösung bei constanter Temperatur und Verdünnung immer constant. Dagegen wächst die relative Zahl dissociirter Molekeln — Arrhenius nennt diese eben active — mit der Verdünnung und im Allgemeinen auch mit der Temperatur, so dass bei äusserster Verdünnung alle Molekeln dissociirt sind. Der Activitätscoefficient oder der Dissociationsgrad — das Verhältniss zwischen ac-

tiven Molekeln und der Summe von activen und inactiven — ist also in diesem Falle gleich 1; in geringerer Verdünnung ist er dagegen kleiner als 1. Weil es sich nun gezeigt hat, dass die Fähigkeit der Elektrolyte, die Elektrizität zu leiten, wie auch überhaupt Reactionen ausüben zu können, dem Dissociationsgrade proportional ist, kann man diesen in einer gegebenen Concentration dadurch berechnen, dass man die molekulare Leitfähigkeit der Flüssigkeit bestimmt und dieselbe mit der molekularen Leitfähigkeit bei äusserster Verdünnung dividirt. Der Ausdruck „molekulare Leitfähigkeit“ ist von Kohlrausch eingeführt, welcher darunter die specifische Leitfähigkeit, multiplicirt mit der Verdünnung (= die Anzahl Liter, in welchen eine Grammolekel gelöst ist) versteht. Ein zehntel normale Chlorkaliumlösung hat bei 18° eine molekulare Leitfähigkeit von  $104.7 \times 10^{-7}$ , eine äusserst verdünnte Lösung  $121 \times 10^{-7}$ ; der Dissociationsgrad ist folglich 0.865, d. h. 86.5 Procent von sämmtlichen Molekeln sind dissociirt. Zwischen den Ionen und den inactiven Molekeln ist Gleichgewicht vorhanden, und der Gleichgewichtszustand kann als ein Specialfall der allgemeinen Gleichung Guldberg und Waage's betrachtet werden.

Wird z. B. zu einer zwanzigstel Normallösung von einem Elektrolyte, welche eine gewisse seinem Dissociationsgrade entsprechende molekulare Leitfähigkeit besitzt, mehr von demselben Elektrolyt zugesetzt, ohne dass die Temperatur und das Volumen verändert werden, bis die Lösung ein zehntel normal wird, so ist es ohne Weiteres klar, dass die molekulare Leitfähigkeit vermindert wird bis zu der einer zehntel Normallösung entsprechenden. Dasselbe geschieht indessen auch, wenn ein anderer Elektrolyt zugesetzt wird: die Dissociation geht zurück. Nun aber sind zwei Fälle denkbar. Enthielt die ursprüngliche 0.05 Normallösung einen stark dissociirten Körper z. B. Salzsäure, und wird eine äquivalente Menge von deren fast gleich stark dissociirtem Kaliumsalze zugesetzt, so ändert sich der Dissociationsgrad der Salzsäure fast ganz in derselben Weise, als ob man anstatt Chlorkalium eine äquivalente Menge Salzsäure hinzugefügt hätte und die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (berechnet für die Totalconcentration, d. h. 0.1 *n*) wird dem arithmetischen Medium der molekularen Leitfähigkeit der 0.1 *n* Salzsäure und des 0.1 *n* Chlorkaliums gleich. Enthielt dagegen die Lösung ursprünglich die schwach dissociirte Essigsäure und wurde unter denselben Verhältnissen das stark dissociirte Kaliumsalz dieser Säure zugesetzt, so geht — wie Arrhenius (142) gezeigt — der Dissociationsgrad der Säure bedeutend mehr zurück, als die vermehrte Concentration an und für sich fordert. Um dies zu verstehen, kann man sich vorstellen (143), dass das Lösungsmittel nicht im Ganzen auf die

beiden Elektrolyte einwirkt, sondern dass diese das Lösungswasser zwischen sich theilen, wobei das Kaliumacetat den grössten Theil nimmt. Bei der Mischung von zwei äquivalenten Elektrolyten wird die Leitfähigkeit der Mischung dem arithmetischen Medium nur in dem Falle gleich, wenn die beiden Elektrolyte denselben Dissociationsgrad haben.

Wenden wir das eben Gesagte auf eine Salzsäurelösung an, zu welcher saures Kaliumphosphat zugesetzt worden ist, wobei folgende Reaction stattfindet:



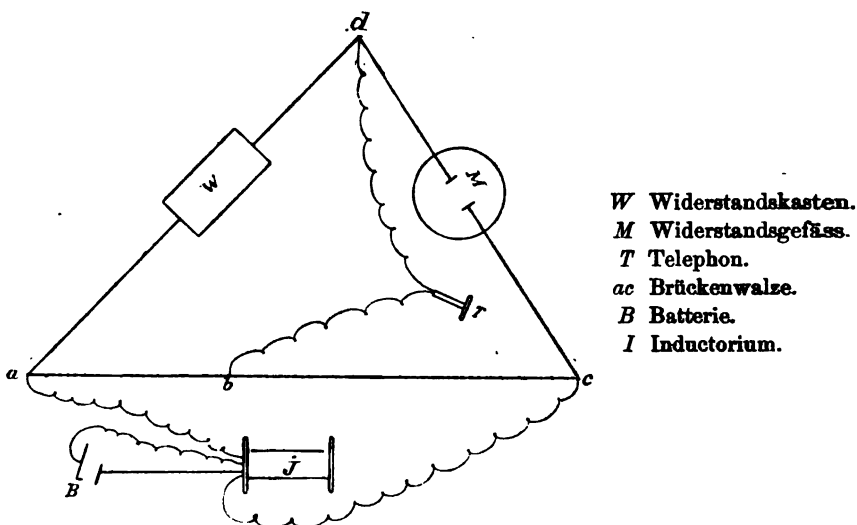
so finden wir, dass Gleichgewicht in dem System eintritt, sobald die zwischen HCl und  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  wirkende chemische Kraft derjenigen zwischen KCl und  $\text{H}_3\text{PO}_4$  gleich oder mit anderen Worten, wenn die in der Zeiteinheit gebildete Menge  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und KCl der Menge der in der Zeiteinheit zurückgebildeten HCl und  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  gleich ist. Von diesem Moment an — d. h. im fraglichen Falle sogleich nach der Mischung — sind vier Körper in einem gewissen Mengenverhältniss in der Lösung zugegen. Alle diese sind indessen Elektrolyte und also zum Theil in ihre Ionen gespalten. Dem von dem Gleichgewicht zwischen den inactiven Molekeln und den Ionen eben Gesagten gemäss müssen wir in diesem Falle auf acht Molekelgattungen Rücksicht nehmen: HCl,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , KCl,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\overset{+}{\text{H}}$ ,  $\bar{\text{Cl}}$ ,  $\overset{+}{\text{K}}$  und  $\text{H}_2\bar{\text{P}}\text{O}_4$ , von welchen die Salzsäure Gleichgewicht mit ihren Ionen, das saure Phosphat mit den seinen u. s. w. bildet. Da nur der dissociirte Theil eines Elektrolytes zum Transport der Elektricität beiträgt, folgt daraus, dass es möglich ist zu bestimmen, wieviel Salzsäure, saures Phosphat, Chlorkalium und Phosphorsäure nach der Umsetzung in der Lösung zugegen ist. Durch die Versuchsanordnung ist ja das Volumen und die ursprüngliche Menge Salzsäure und saures Phosphat bekannt; man nimmt eine gewisse Umsetzung an und berechnet, wieviel jeder von den vier Körpern dieser Annahme gemäss dissociirt sein und somit zu der Leitfähigkeit der Mischung beitragen muss, und sieht nach, wie die erhaltene Summe mit der experimentell gefundenen Leitfähigkeit übereinstimmt. Weiter berechnet man die Leitfähigkeit der Mischung, wenn totale Umsetzung eingetreten wäre, und interpolirt, bis die gefundene Leitfähigkeit mit der berechneten übereinstimmt. Die dabei supponirte Umsetzung ist die wirkliche.

Nach diesem Princip habe ich bestimmt, wieviel Salzsäure zurückbleibt, nachdem ich einer Lösung derselben verschiedene Mengen saures Phosphat zugesetzt hatte.

Zur Bestimmung der Leitfähigkeit habe ich die Methode Kohl-

rausch's<sup>1</sup> mit Wechselströmen und Telephon benutzt. Man braucht zur Ausführung dieser Methode folgende Apparate: Batterie, Inductorium, Widerstandskasten, Rheocord, Telephon, Widerstandsgefäße für die Elektrolyte und ein Wasserbad von geeigneter Form. Der Draht des Rheocords ist nach Kohlrausch um eine Serpentinwalze, in Tausendtheile gradirt, gelegt worden. Sowohl diese als der Widerstandskasten, welcher mit doppelt gewundenen Rollen versehen und in Ohm gradirt war, ist vorher controlirt worden. Als Widerstandsgefäße sind solche mit verschiedenem Abstand zwischen den Elektroden angewandt worden, und zwar habe ich gut platinirte, mit Gold gelöthete Platinableche von 1.5 bis 2<sup>cm</sup> im Diameter benutzt. Die Messungen sind bei genau 18° ausgeführt worden.

Die Apparate sind mit dicken Kupferdrähten, deren Widerstand negligirt werden konnte, zu einer Wheatstone'schen Brücke nach folgendem Schema zusammengestellt worden.



Die Methode wird folgendermassen gehandhabt. Nachdem man in den Widerstandskasten einen Widerstand von derselben Grössenordnung, wie ihn die zu bestimmende Lösung besitzt, eingestöpselt und den Strom geschlossen hat, wird der Contact *b* durch Drehung der Brückenwalze verschoben, bis das an das Ohr gesetzte Telephon durch sein Stillschweigen anzeigt, dass kein Strom durch die Leitung *bTd* geht. Dann verhalten sich die Widerstände  $M:W$  wie  $bc:ab$  und  $M$  ist  $= W \frac{bc}{ab}$

<sup>1</sup> Siehe Ostwald's *Lehrbuch der allgem. Chemie*. Bd. II, S. 625 und folg.

d. h. der in Ohm ausgedrückte Widerstand, welcher der zwischen den Elektroden befindlichen Flüssigkeitsmenge zukommt. Die Leitfähigkeit  $\frac{1}{M}$  ist somit gleich  $\frac{ab}{bc \times W}$ . Um hieraus die molekulare Leitfähigkeit ( $\mu$ ) zu erhalten, hat man mit der Verdünnung ( $s$ ), d. h. der Anzahl Liter, in welchen ein Grammmolekül gelöst ist, und einer Constante, welche von der Form und dem Abstand der Elektroden abhängig ist, zu multipliciren:  $\mu = k \frac{ab \times s}{bc \times W}$ . Um diese Constante, die „Widerstandscapacität“ des Gefäßes zu bestimmen, führt man eine Messung auf einer Lösung aus, deren molekulare Leitfähigkeit bekannt ist, setzt diesen Werth in das linke Membrum, den gefundenen in das rechte ein und stellt dann die Berechnung an. Bei der Bestimmung der Widerstandscapacität eines meiner Gefäße benutzte ich 0.1 n Chlornatriumlösung, deren molekulare Leitfähigkeit bei 18° nach Kohlrausch  $86.5 \times 10^{-7}$  beträgt; der eingeschaltete Widerstand war 1150 Ohm, der linke Theil des Drahtes 505; also war  $k = \frac{86.5 \times 1150 \times 495}{505 \times 10} 10^{-7} = 0.975 \times 10^{-3}$ . Die Widerstandscapacität muss natürlich nach und nach controlirt werden.

Alle zu der Untersuchung angewandten Salze und Säuren sind rein gewesen und ihre Titer genau gestellt. Die Phosphorsäure- und Phosphatlösungen sind sowohl durch Aciditätsbestimmung nach Maly, als auch durch Wägung der pyrophosphorsauren Magnesia bestimmt. Mit einer Normallösung von Phosphorsäure und saurem Phosphat meine ich eine Lösung, welche ein Grammmolekül in dem Liter enthält. Die Leitfähigkeit des destillirten Wassers hat negligirt werden können.

In untenstehender Tabelle ist die gefundene molekulare Leitfähigkeit (berechnet für 0.05 n) der Mischungen von Salzsäure und saurem Kaliumphosphat angegeben. Die Mischungen sind so hergestellt, dass zu einer 0.1 n HCl-Lösung so viel von einer normalen oder 0.1 n Phosphatlösung (und eventuell Wasser) hinzugefügt worden ist, dass dieselben, wenn keine Umsetzung eingetreten wäre, mit Rücksicht auf HCl 0.05 n, mit Rücksicht auf  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , was die zweite Colonne angebt, sein würden. Die in Klammern stehenden Zahlen gehören zwei verschiedenen Serien an: die erste wurde mit eingekauftem, mehrere Male umkrystallisirtem Salze, die zweite mit von mir selbst dargestelltem ausgeführt. Das Mittel ist in der letzten Colonne tabellarisirt.

(Siehe die Tabelle Seite 320.)

Um aus diesen Zahlen die Berechnung machen zu können, wird auch Kenntniss von dem Dissociationsgrad der in der Lösung vorkommenden Elektrolyte in fraglichen Concentrationen gefordert. Für



HCl	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$\frac{\mu}{10^{-7}}$	$\frac{\mu}{10^{-7}}$	Mittel
0.05 n	0.5 n	(606.1)	(606.0)	606.1
"	0.8	(419.1)	(422.0)	420.5
"	0.15	(270.0)		270.0
"	0.1	(228.7)	(228.4)	228.5
"	0.075	(218.0)	(217.7)	217.9
"	0.05	(228.6)	(224.8)	228.9
"	0.04	(234.4)	(235.1)	234.7
"	0.08	(251.7)	(251.6)	251.7
"	0.02	(274.4)	(275.2)	274.8
"	0.01	(800.9)	(801.1)	801.0
"	0			834.5

HCl und KCl habe ich denselben aus den Bestimmungen Kohlrausch's solchermassen berechnet, dass die Dissociationsgrade der 0.01, 0.03, 0.05, 0.1 0.5 und 1 normalen Lösungen in Form einer Kurve aufgestellt worden sind, aus welcher ich die zwischenliegenden Werthe ausgenommen habe, wodurch natürlicher Weise bessere Werthe als durch lineare Interpolation erhalten werden. Den Dissociationsgrad des  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  habe ich durch eigene Messungen erhalten. Die Phosphorsäure ist ein schwach dissociirter Körper, und ihr Dissociationsgrad ist also (S. 316) bei Anwesenheit von Salzen bedeutend geringer, als wie er der vermehrten Concentration nach sein sollte. Es ist daher nicht genug, den Dissociationsgrad der reinen Säure zu kennen, man muss von ihm auch bei Anwesenheit von guten Leitern Kenntniss haben. Zu diesem Zweck habe ich so verfahren, dass ich zu einer 0.05 n  $\text{H}_3\text{PO}_4$  zunehmende Mengen saures Kaliumphosphat ohne Volumenveränderung hinzugesetzt und die Leitfähigkeit darnach bestimmt habe. Aus der molekularen Leitfähigkeit der Mischung habe ich sodann die molekulare Leitfähigkeit der Säure dadurch berechnet, dass ich diejenige des Phosphats abgezogen und mit der molekularen Leitfähigkeit der Phosphorsäure bei äusserster Verdünnung dividirt habe. Die untenstehende Tabelle giebt das Resultat. (Siehe die Tabelle Seite 321.)

Die erste Colonne giebt die Concentration (Anzahl Grammmoleküle  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  in 1 Liter), die zweite die molekulare Leitfähigkeit des  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , die dritte den Dissociationsgrad desselben; die vierte Colonne zeigt die molekulare Leitfähigkeit (für 0.05 n berechnet) der Mischung, welche immer mit Rücksicht auf  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.05 n ist, mit Rücksicht dagegen auf  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , was die erste Colonne angiebt. Die fünfte Colonne giebt an, welches die molekulare Leitfähigkeit der Phosphorsäure in der Mi-

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
0.5	55.60	0.635	570.5	14.5	0.046	0.320
0.4	57.85	0.661	479.5	17.7	0.053	0.267
0.3	60.57	0.692	382.4	19.0	0.060	0.211
0.2	63.99	0.731	286.7	30.7	0.097	0.151
0.1	68.88	0.787	175.0	37.2	0.118	0.085
0.05	73.21	0.837	128.1	54.9	0.173	0.0505
0.04	74.58	0.852	120.8	61.1	0.193	0.0437
0.03	76.10	0.870	115.3	69.6	0.220	0.0371
0.02	77.73	0.888	111.6	80.5	0.254	0.0305
0.01	80.62	0.920	111.5	95.4	0.303	0.0243
$\infty$	87.5	1.00				

schung ist (die Zahlen werden erhalten, wenn man von den Zahlen der vierten Colonne die der zweiten, nachdem diese zu 0.05  $n$  umgerechnet ist, abzieht, also  $570.5 - 55.60 \times 10 = 14.5$  u. s. w.). Die sechste giebt den Dissociationsgrad der Phosphorsäure in der Mischung an ( $14.5 : 316.6 = 0.046$ ; 316.6 ist nämlich die molekulare Leitfähigkeit der Säure in äusserster Verdünnung) und die siebente endlich die Totalmenge von dem, was in der Mischung dissociirt ist ( $0.635 \times 0.5 + 0.046 \times 0.05 = 0.320$ ). Die Zahlen in den Colonnen 2, 4 und 5 sollen mit  $10^{-7}$  multiplicirt werden.

In untenstehender Interpolationstabelle ist der Dissociationsgrad und die Dissociationsquantität (= Concentration  $\times$  Dissociationsgrad) sämtlicher fraglicher Elektrolyte angegeben. Unter  $H_3PO_4$  bezeichnet die erste Colonne den Dissociationsgrad einer 0.05  $n$  Phosphorsäure bei gleichzeitiger Anwesenheit von  $KH_2PO_4$  in solchen Mengen, wie die Zahlen unter „Concentration“ angeben; die der zweiten die ganze Dissociationsquantität in einer Mischung von einer 0.05  $n$  Phosphorsäure mit  $KH_2PO_4$  in denselben Mengen versetzt, wie die eben angeführten Zahlen besagen.

(Siehe die Tabelle Seite 322.)

Um zu zeigen, wie die Berechnungen ausgeführt worden sind, theile ich hier unten eine vollständige Behandlung von dem Falle mit, wo eine 0.05  $n$  HCl mit so viel saurem Phosphat versetzt worden ist, dass die Mischung, wenn keine Umsetzung eingetreten wäre, mit Rücksicht auf  $KH_2PO_4$  eine 0.03 Normallösung würde.

Wir nehmen an, dass vollständige Umsetzung stattgefunden hätte, und dass also kein  $KH_2PO_4$  mehr zugegen wäre. Ein Liter Lösung enthält in solchem Falle 0.02 Gramm-Moleküle HCl, 0.03 Gr.-Mol. KCl und 0.03 Gr.-Mol.  $H_3PO_4$ , und die Concentration ist folglich 0.08  $n$ .

Concentration	HCl		KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		KCl		H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	
	Dissociations-grad	Dissociations-quantität	Dissociations-grad	Dissociations-quantität	Dissociations-grad	Dissociations-quantität	Dissociations-grad	Dissociations-quantität
0.01	0.970	0.0097	0.920	0.0092	0.948	0.0095	0.303	0.0243
0.02	0.964	0.0193	0.888	0.0178	0.928	0.0186	0.254	0.0305
0.03	0.957	0.0287	0.870	0.0261	0.915	0.0275	0.220	0.0370
0.04	0.951	0.0380	0.852	0.0341	0.904	0.0362	0.193	0.0437
0.05	0.946	0.0473	0.837	0.0419	0.895	0.0448	0.173	0.0505
0.06	0.939	0.0572	0.825	0.0495	0.888	0.0533	0.162	0.0576
0.07	0.934	0.0654	0.814	0.0570	0.881	0.0617	0.151	0.0645
0.08	0.929	0.0743	0.804	0.0643	0.876	0.0701	0.140	0.0713
0.09	0.925	0.0833	0.795	0.0716	0.870	0.0783	0.129	0.0780
0.1	0.922	0.0922	0.787	0.0787	0.865	0.0865	0.118	0.0846
0.125	0.912	0.1140	0.769	0.0961	0.856	0.107	0.112	0.102
0.15	0.908	0.1362	0.756	0.118	0.848	0.137	0.107	0.119
0.2	0.898	0.1796	0.731	0.146	0.838	0.168	0.097	0.151
0.25	0.891	0.223	0.711	0.178	0.828	0.207	0.078	0.182
0.3	0.884	0.265	0.692	0.208	0.818	0.245	0.060	0.211
0.35	0.877	0.306	0.676	0.236	0.810	0.284	0.056	0.238
0.4	0.871	0.348	0.661	0.264	0.802	0.321	0.053	0.267
0.45	0.864	0.389	0.648	0.292	0.796	0.358	0.049	0.294
0.5	0.857	0.429	0.635	0.318	0.792	0.396	0.046	0.320
0.55	0.850	0.469	0.622	0.342	0.788	0.433	0.043	0.379

Der Dissociationsgrad der Salzsäure in 0.08 Normallösung ist 0.929 (siehe die Tabelle!) und die Menge dissociirter HCl somit  $0.02 \times 0.929 = 0.0186$ . Die Menge dissociirtes KCl ist 0.0263 und dissociirte  $H_2PO_4 = 0.0042$ ; die Totalmenge von allem, was dissociirt ist, beträgt also 0.049, d. h. in 1 Liter sind 0.049 dissociirte Gramm-Moleküle zugegen. Da nun der Dissociationsgrad der in der Lösung befindlichen Elektrolyte nicht von der Totalconcentration als solcher, sondern davon abhängig ist, was dissociirt ist, so zeigt ein Blick auf die Tabelle, dass der Dissociationsgrad der HCl nicht 0.929 angenommen werden darf, sondern zwischen 0.939 und 0.946 fallen muss; durch eine einfache Interpolation wird er auf 0.945 bestimmt. Durch ähnliche Rechnung bestimmen wir den Dissociationsgrad für KCl und  $H_2PO_4$  auf bezw. 0.892 und 0.177, und da der Definition gemäss die molekulare Leitfähigkeit einer Lösung = Concentration  $\times$  Dissociationsgrad  $\times$  molekulare Leitfähigkeit bei äusserster Verdünnung  $\times$  Verdünnung ist, so würde die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0.05  $\approx$  berechnet), wenn vollständige Umsetzung stattgefunden hätte,

$$\begin{aligned}
 \text{für HCl} &= 0.02 \times 0.945 \times 352.10^{-7} \times 20 = 131.1.10^{-7} \\
 \text{„ KH}_2\text{PO}_4 &= 0 &= 0 \\
 \text{„ KCl} &= 0.03 \times 0.892 \times 121.10^{-7} \times 20 = 64.76.10^{-7} \\
 \text{„ H}_3\text{PO}_4 &= 0.03 \times 0.177 \times 316.6.10^{-7} \times 20 = 33.62.10^{-7}
 \end{aligned}$$

oder im Ganzen  $231.5.10^{-7}$  sein. Machen wir andererseits die Annahme, dass keine Umsetzung einträte, so bestimmen wir durch eine ähnliche Rechnung die Leitfähigkeit:

$$\begin{aligned}
 \text{für HCl} &= 0.05 \times 0.981 \text{ u. s. w.} = 827.7.10^{-7} \\
 \text{„ KH}_2\text{PO}_4 &= 0.03 \times 0.796 &= 41.8.10^{-7} \\
 \text{„ KCl} &= 0 &= 0 \\
 \text{„ H}_3\text{PO}_4 &= 0 &= 0
 \end{aligned}$$

oder im Ganzen auf  $369.5.10^{-7}$ . Die experimentell gefundene Leitfähigkeit war 251.7. Interpoliren wir, so finden wir, dass in der Mischung das erste System mit 85.36 Procent existirt und dass folglich in 1 Liter 0.02561 Gr.-Mol.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  umgesetzt wird. Für diese Umsetzung berechnen wir auf dieselbe Weise die molekulare Leitfähigkeit:

$$\begin{aligned}
 \text{für HCl} &= 0.02439 \times 0.943 \text{ u. s. w.} = 161.9 \\
 \text{„ KH}_2\text{PO}_4 &= 0.00439 \times 0.821 &= 6.31 \\
 \text{„ KCl} &= 0.02561 \times 0.889 &= 55.10 \\
 \text{„ H}_3\text{PO}_4 &= 0.02561 \times 0.169 &= 27.41
 \end{aligned}$$

oder  $250.7.10^{-7}$ . Durch noch eine zweite Interpolation erhalten wir

$$\begin{aligned}
 \text{für HCl} &= 0.0246 \times 0.943 \text{ u. s. w.} = 163.3 \\
 \text{„ KH}_2\text{PO}_4 &= 0.0046 \times 0.821 &= 6.61 \\
 \text{„ KCl} &= 0.0254 \times 0.889 &= 54.65 \\
 \text{„ H}_3\text{PO}_4 &= 0.0254 \times 0.170 &= 27.18
 \end{aligned}$$

oder  $251.7.10^{-7}$ , welche Zahl genau der experimentell gefundenen entspricht. 84.67 Procent von dem zugesetzten  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  haben sich mit der Salzsäure umgesetzt, von welcher nur 49.2 Procent als Salzsäure zurückbleiben.

Auf dieselbe Weise habe ich die Grösse der Umsetzung auch für die übrigen Mischungen berechnet. Nur die letzte Approximation wird hier unten mitgetheilt:

1. 0.05 n HCl + 0.01 n  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

$$\begin{aligned}
 \text{HCl} &= 0.0404 \times 0.945 \text{ u. s. w.} = 268.8 \\
 \text{KH}_2\text{PO}_4 &= 0.0004 \times 0.827 &= 0.58 \\
 \text{KCl} &= 0.0096 \times 0.892 &= 20.72 \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 &= 0.0096 \times 0.179 &= 10.88
 \end{aligned}$$

Die Summe wird 300.98. Die gefundene Zahl war 301.0. Nur

4 Procent der zugesetzten  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  und 80.8 Procent der Salzsäure sind unverändert.

2.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.02 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

HCl	$= 0.03212 \times 0.944$	u. s. w.	$= 213.5$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$= 0.00212 \times 0.824$	„	$= 3.06$
KCl	$= 0.01788 \times 0.891$	„	$= 38.58$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$= 0.01788 \times 0.174$	„	$= 19.70$

Die Summe = 274.81, die gefundene Leitfähigkeit 274.8. 64.24 Procent der Salzsäure sind nicht umgesetzt.

3.  $0.05 \text{ HCl} + 0.04 \text{ KH}_2\text{PO}_4$ .

HCl	$= 0.0184 \times 0.940$	u. s. w.	$= 121.8$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$= 0.0084 \times 0.816$	„	$= 12.0$
KCl	$= 0.0316 \times 0.886$	„	$= 67.76$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$= 0.0316 \times 0.165$	„	$= 33.22$

Die Summe = 234.78; die gefundene Leitfähigkeit 234.8. 36.8 Procent der Salzsäure bleiben zurück.

4.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.05 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

HCl	$= 0.0136 \times 0.938$	u. s. w.	$= 89.81$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$= 0.0136 \times 0.816$	„	$= 19.31$
KCl	$= 0.0364 \times 0.884$	„	$= 77.87$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$= 0.0364 \times 0.160$	„	$= 36.88$

Die Summe = 223.87; die gefundene Leitfähigkeit 223.9. 27.2 Procent der Salzsäure sind unverändert.

5.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.075 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

HCl	$= 0.00685 \times 0.928$	u. s. w.	$= 44.75$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$= 0.03185 \times 0.794$	„	$= 44.25$
KCl	$= 0.04315 \times 0.874$	„	$= 91.27$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$= 0.04315 \times 0.138$	„	$= 37.71$

Die Summe = 217.98; die gefundene Leitfähigkeit 217.9. 13.7 Procent der Salzsäure bleiben zurück.

6.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.1 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

HCl	$= 0.00385 \times 0.923$	u. s. w.	$= 25.02$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$= 0.05385 \times 0.777$	„	$= 73.22$
KCl	$= 0.04615 \times 0.864$	„	$= 96.49$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$= 0.04615 \times 0.117$	„	$= 34.19$

Die Summe = 228.9; die gefundene Leitfähigkeit 228.8. 7.7 Procent der Salzsäure bleiben zurück.

7.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.15 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

$$\text{HCl} = 0.00025 \times 0.911 \text{ u. s. w.} = 1.60$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 0.10025 \times 0.755 \text{ „} = 132.3$$

$$\text{KCl} = 0.04975 \times 0.852 \text{ „} = 102.6$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 0.04975 \times 0.107 \text{ „} = 38.71$$

Die Summe = 270.2; die gefundene Leitfähigkeit 270.0. Von der Salzsäure wurden 0.5 Procent nicht umgesetzt.

 8.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.8 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

$$\text{HCl} = 0 = 0$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 0.25 \times 0.69 \text{ u. s. w.} = 301.9$$

$$\text{KCl} = 0.05 \times 0.825 \text{ „} = 98.8$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 0.05 \times 0.59 \text{ „} = 18.68$$

Die Summe = 420.38; die gefundene Leitfähigkeit 420.5. Alle Salzsäure ist umgesetzt.

 9.  $0.05 \text{ n HCl} + 0.5 \text{ n KH}_2\text{PO}_4$ .

$$\text{HCl} = 0 = 0$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 0.45 \times 0.63 \text{ u. s. w.} = 496.2$$

$$\text{KCl} = 0.05 \times 0.80 \text{ „} = 96.8$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 0.05 \times 0.045 \text{ „} = 14.25$$

Die Summe = 607.25; die gefundene Leitfähigkeit 606.1.

Das Resultat wird in folgender Tabelle zusammengestellt:

Concentration		Nach der Umsetzung ist in Procenten der ursprünglichen Menge übrig		In 100 <sup>cm</sup> der Mischung findet sich nach der Umsetzung Gramm HCl <sup>1</sup>
von HCl	von KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	von HCl	von KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	
0.05 n	0.01 n	80.80	4.0	0.1478
„	0.02	64.24	10.60	0.1171
„	0.03	49.20	15.33	0.0897
„	0.04	36.80	21.0	0.0671
„	0.05	27.20	27.20	0.0496
„	0.075	13.70	42.47	0.0250
„	0.1	7.70	53.85	0.0140
„	0.15	0.50	66.75	0.0009
„	0.3	0	83.33	0
„	0.5	0	90.0	0

Durch diese Bestimmungsreihe habe ich erstens constatirt — was

<sup>1</sup> Ursprünglich waren 0.1828<sup>g</sup> vorhanden.

schon a priori im höchsten Grade wahrscheinlich war, und was schon von Anderen ausgesprochen ist<sup>1</sup> — dass Salzsäure sich mit anwesenden Phosphaten umsetzt, und dass es also kein Fehler der Barytmethode ist, dass man mit derselben nicht die ganze ursprüngliche Salzsäuremenge wiederfindet, und dann innerhalb der Fehlergrenze bestimmt, wie gross diese Umsetzung für eine 0.05 Normallösung ist.

Natürlich hat die benutzte Methode, die Grösse der Umsetzung zu berechnen, auch ihre Fehlerquellen, und die angeführten Werthe können daher nicht auf absolute Genauigkeit Anspruch machen. Aus den in der Tabelle auf Seite 320 stehenden Bestimmungsreihen finden wir, dass die Differenz zwischen zwei Parallelbestimmungen im Mittel 0.24 Procent erreicht. Im Allgemeinen wird der Versuchsfehler in den Widerstandsmessungen auf 0.2 bis 0.5 Procent geschätzt. Ein Fehler von 0.5 Procent ist bei diesen Bestimmungen nicht unwahrscheinlich, um so mehr, als auch ein Fehler bei der Bestimmung von dem Dissociationsgrad der Phosphorsäure sich geltend machen könnte. Wir werden dann nachsehen, wie viel ein Fehler von 0.5 Procent in der Bestimmung der Leitfähigkeit die berechnete Umsetzung verändert. In dem Falle, wo 0.03 Gr.-Mol.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  in 1 Liter der Mischung zugegen waren, würde die Leitfähigkeit, wenn vollkommene Umsetzung eingetreten wäre, 231.5 sein; die gefundene Leitfähigkeit aber war 251.7, was einer Umsetzung von 50.8 Procent von der ursprünglichen Salzsäuremenge entspricht. Ein Fehler von 0.5 Procent in der gefundenen Leitfähigkeit kann also den Werth 49.2 um  $\pm 3.2$  oder 6.5 Procent verändern. Auf ähnliche Weise wird berechnet, dass die bei Anwesenheit von 0.02 Gr.-Mol.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  in 1 Liter zurückbleibende Salzsäuremenge, 64.24, um  $\pm 5.2$  oder 8 Procent, und die bei Anwesenheit von 0.01 Gr.-Mol. zurückbleibende, 80.8, um  $\pm 4.8$  oder 6 Procent innerhalb der Fehlergrenzen der Bestimmungsmethode schwanken kann.

Um nun nachzusehen, wie die mit der Chromatmethode erhaltenen Werthe mit den berechneten übereinstimmen, habe ich die Methode auf Mischungen von Salzsäure und saurem Phosphate bei gleichzeitiger Anwesenheit von Rohrzucker und Verdauungsproducten ausgeführt, in welch' letzterem Falle die Mischung mit salzfreiem Pepsin und 2<sup>o</sup> coagulirtem Eiweiss zu 100<sup>cem</sup> versetzt wurde, wonach die Digestion erfolgte. (Siehe die Tabelle Seite 327.)

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, fallen die gefundenen Werthe innerhalb der Versuchsfehler der Berechnung. Die Uebereinstimmung

---

<sup>1</sup> Siehe Polemik zwischen Leo und Wagner (143). Siehe auch oben S. 288, Reoch.

Nummer		Verbrauchte Cubikcenti- meter Hyposulfit ( $1^{\text{cem}} = 8 \cdot 115^{\text{mg}}$ HCl)	Milligramm HCl		Differenz in Procenten vom Berechneten
			Berechnet	Gefunden	
21	$20^{\text{cem}} (0.05n \text{ HCl} + 0.01n \text{ KH}_2\text{PO}_4) + \text{Rohrzucker}$	9.6		29.9	+1.5
22		9.6		29.9	+1.5
23		9.7		30.2	+2.5
	Mittel:		29.46	30.0	+1.8
24	$20^{\text{cem}} (0.05n \text{ HCl} + 0.02n \text{ KH}_2\text{PO}_4) + \text{Rohrzucker}$	7.3		22.74	-3.0
25		7.1		22.12	-5.5
26		7.2		22.43	-4.3
	Mittel:		23.42	22.43	-4.2
27	$20^{\text{cem}} (0.05n \text{ HCl} + 0.03n \text{ KH}_2\text{PO}_4) + \text{Rohrzucker}$	5.55		17.29	-3.6
28		5.85		16.66	-7.1
	Mittel:		17.94	16.98	-5.4
29	$20^{\text{cem}} (0.05n \text{ HCl} + 0.02n \text{ KH}_2\text{PO}_4) + 0.4^{\text{g}}$ verdautes Eiweiss	7.2		22.43	-4.3
30		7.1		22.12	-5.5
	Mittel:		23.42	22.27	-4.9

ist also eine gute, man könnte sogar sagen eine erstaunenswerthe, denn wir müssen bedenken, dass bei Zusatz von  $\text{BaCO}_3$  und folgender Abdampfung das Gleichgewicht gestört wird, und dass es daher kaum zu erwarten war, dass eine genaue Uebereinstimmung stattfinden sollte. Es scheint indessen, als ob wirklich nur die freie und die an organischen Basen gebundene Salzsäure bei der Neutralisation Chlorbaryum giebt, das sich bei der folgenden Erhitzung nicht in merkbarem Grade mit anwesendem Baryumphosphat umsetzt.

Dass man mit Leo's Methode auch bei Anwesenheit von Phosphaten die ganze ursprünglich vorhandene Salzsäuremenge wiederfindet, wie Leo's Analysen zeigen, ist nicht gerade für diese Methode empfehlend.

Das strenge Urtheil, welches Leo über die Barytmethode auszusprechen sich genöthigt sieht, ist, wie gesagt, darauf gegründet, dass Leo mit derselben nicht die ursprüngliche Salzsäuremenge wiederfindet. Betrachten wir dann die eine von den beiden beigelegten Analysen Leo's (die zweite hat auf  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  Bezug), so finden wir, dass die zu bestimmende Lösung durch Mischung von gleichen Volumen  $0.1n$  HCl und einer Lösung von  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , deren Acidität, alkalimetrisch mit Phenolphthalein



bestimmt, 59, d. h. beinahe 0.06 normal war. In 100<sup>cem</sup> von dieser Mischung würden also, wenn keine Umsetzung stattgefunden hätte, 0.1823<sup>g</sup> HCl zugegen sein; aus der Tabelle Seite 325 geht hervor, dass sich in Wirklichkeit nur  $0.089 \pm 0.0054$  <sup>g</sup> HCl vorfand. Leo fand 0.057<sup>g</sup>, welcher niedriger Werth möglicherweise dadurch erklärt werden kann, dass die Phosphatmenge vielleicht etwas grösser als in der Berechnung war: alkalimetrische Bestimmung von saurem Phosphat mit Phenolphthalein als Indicator ist ja eine etwas unsichere Bestimmungsmethode. Also weit entfernt davon, eine Bestätigung des „Bannediets“ zu sein, ist die Analyse Leo's eher als eine Bestätigung dessen zu betrachten, dass die Methode anwendbare Werthe auch bei Anwesenheit von Phosphat geben kann.

Von Martius und Lüttke ist die Baryum-Carbonat-Methode darum verworfen worden, weil man mit derselben niedrigere Werthe als mit Lüttke's oben beschriebener Methode erhält. Dass man mit der Methode Lüttke's höhere Werthe findet, ist richtig, die Schlussfolgerung dagegen ist falsch, und die Verschiedenheit in den Resultaten gereicht der Methode Lüttke's vielmehr zum Nachtheil, was aus folgendem Versuche hervorgeht. 10<sup>cem</sup> von einer 0.1 *n* Chlornatriumlösung wurden mit 2<sup>cem</sup> 0.1 *n* KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> und etwas Rohrzucker versetzt und im Wasserbade zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wurde verkohlt, die Kohle mit salpetersäurehaltigem Wasser extrahirt und von Chlor freigewaschen. Zu dem zusammengegossenen Filtrat und Waschwasser wurden 12<sup>cem</sup> 0.1 *n* Silbernitrat hinzugefügt und darnach mit 0.1 *n* Rhodanammonium zurücktitrirt, wovon anstatt 2<sup>cem</sup> 3.83<sup>cem</sup> verbraucht wurden. Also trat hier ein Verlust von 19 Procent des Chlors ein. Schon bei blosser Abdampfung von Chlornatrium und saurem Phosphat wird Salzsäure gebildet, welche sich verflüchtigt: dieselbe Lösung, ohne Rohrzuckerzusatz, wurde zur Trockne eingengt; der Rückstand wurde in salpetersäurehaltigem Wasser gelöst, mit 12<sup>cem</sup> 0.1 *n* AgNO<sub>3</sub> versetzt, filtrirt und gewaschen. Die zusammengegossene Menge Filtrat + Waschwasser wurde nach weiterem Zusatz von HNO<sub>3</sub> mit 0.1 *n* Rhodanammonium titrirt, wobei 3.8<sup>cem</sup> verbraucht wurden. Auch in diesem Falle, wo keine Erhitzung über freiem Feuer stattgefunden hatte und wo die Titrirung nach Abfiltrirung des Chlorsilbers (Drechsel) ausgeführt wurde, erhielt ich einen Verlust von 19 Procent Chlor. Weil nun Martius und Lüttke den Mageninhalt bei saurer Reaction nach dessen Abdampfung verbrennen, und sie andererseits die Totalmenge Chlor nach einer im Ganzen einwandfreien Methode bestimmen und sodann die Gesamtsalzsäure auf die Weise berechnen, dass sie die nach der Verbrennung zurückbleibende Chlormenge von dem Totalchlor

subtrahiren, so ist es ganz klar, dass sie zu hohe Werthe erhalten müssen.<sup>1</sup>

Dass man zu hohe Werthe mit der Martius-Lüttke'schen Methode erhält, geht auch aus anderen Umständen hervor; so haben Honigmann (78), Osswald (144) und Schüle (145) bisweilen (dem Anscheine nach nicht so selten) gefunden, dass die Totalsalzsäure höher als die Gesamttacidity ausfällt, was ja ungereimt ist.

Auch Hayem und Winter bestimmen „Chlor fixe“ auf dieselbe, principiell unrichtige Weise, was ihnen übrigens schon von Biernacki (110) vorgeworfen worden ist.

Mit allen denjenigen Methoden, welche sich auf Titrirung mit Alkali, bis das eine oder andere Reagens auf freie Mineralsäure keine Reaction mehr giebt, gründen, hat die Barytmethode nichts gemeinsam. Alle diese — vielleicht mit Ausnahme von derjenigen C. Th. Mörner's — zeigen im glücklichsten Falle, wie viel Salzsäure überschüssig ist, nachdem auch die Eiweissaffinitäten gesättigt sind. Die verschiedenen Reagentien geben indessen verschiedene Resultate — sind ungleich „empfindlich“, wie man sagt — und wir können daher nicht im Voraus wissen, welches von ihnen die „richtigen“ Werthe giebt. Hoffmann's, auf Initiative von Ostwald ausgearbeitete Methoden, diesen Theil der Salzsäure zu bestimmen, kommen dem Ideal einer Bestimmungsmethode so nahe wie möglich: der Mageninhalt wird so, wie er sich vorfindet — doch nach einer Filtrirung — genommen und die Bestimmung ohne Zusatz von differenten Reagentien ausgeführt. Strict genommen bestimmt Hoffmann jedoch nicht nur die vollkommen freie Salzsäure; auch andere im Mageninhalt vielleicht anwesende Säuren wirken je nach ihrem Dissociationsgrade bei der Rohrzuckerinversion und der Zerlegung des Methylacetats mit. Da diese Säuren, Phosphorsäure und organische Säuren, bedeutend weniger dissociirt sind, kann ihre Anwesenheit jedoch negligirt werden. Die Methoden Hoffmann's vermitteln allerdings keine Kenntniss von der ganzen Salzsäuremenge und haben sich auch niemals dafür ausgegeben.

Von mehreren ist nun hervorgehoben worden, dass nur die vollkommen freie oder überschüssige Salzsäure bei der Proteolyse wirksam ist, und dass es daher am wichtigsten ist, diese zu kennen. Andere dagegen behaupten, dass nur der an Eiweissstoffe gebundene Theil der Salzsäure für die Verdauung Bedeutung hat; der Ueberschuss hat den

<sup>1</sup> Wurden dieselben Lösungen nach Zusatz von  $\text{BaCO}_3$  eingedampft und, wurde darnach wie oben verfahren, so wurden bei zwei Versuchen 2.05<sup>mm</sup> Rhodan ammonium verbraucht. Der Verlust (0.5 Procent) fällt, wie zu erwarten war, in die Fehlergrenzen der Methode.

Zweck, ein bakterienvernichtendes Mittel zu sein. Was die erstere Anschauung betrifft, so ist es erstens nicht bewiesen, dass die an Eiweiss gebundene Salzsäure bei der weiteren Umwandlung des Eiweisses unwirksam ist, im Gegentheil (siehe Seite 294) ist es höchst wahrscheinlich, dass sie dasselbe fortwährend transformirt, und weiter ist sie doch unstreitig einmal frei und wirksam gewesen. Was die letztere Alternative betrifft, so ist es eine wohl bekannte Thatsache, dass die Salzsäure, ebenso wie andere Säuren, antiseptische Eigenschaften besitzt, wie auch, dass ein Hinzufügen von Eiweissstoffen dieselben in dieser Beziehung entkräftet (Cohn (38)). Es ist daher wahrscheinlich, dass nur die freie Salzsäure in dieser Hinsicht wirksam ist, und von solchem Gesichtspunkt aus kann es von Interesse sein, ihre Menge zu kennen; davon geben uns Hoffmann's Methoden eine exacte, die „Farbenmethoden“ eine ungefähre Kenntniss. Unstreitig scheint es mir doch von mindestens gleich grossem Interesse zu sein, eine Methode zu besitzen, welche uns von der ganzen bei der Digestion wirksamen Salzsäuremenge Kenntniss giebt. Streng genommen erhalten wir auch mit der „Chromatmethode“ nicht vollkommen genaue Kenntniss davon, denn in der Nahrung vorkommende Phosphate setzen sich mit der Salzsäure um, und die Chromatmethode giebt das, was schon umgesetzt ist, nicht wieder. Die bei dieser Umsetzung freigewordene Phosphorsäure hat jedoch nicht dieselbe Bedeutung für die Digestion, wie ich durch Versuche, welche im Folgenden (siehe Cap. III) mitgetheilt werden sollen, gefunden habe, zu welchem Resultate übrigens bereits Andere vor mir gekommen sind. Ich halte mich daher zu der Annahme berechtigt, dass man mit der Chromatmethode bessere Kenntniss von der totalen, in einem gegebenen Momente vorhandenen proteolytisch wirksamen Salzsäuremenge — für welche „die physiologisch wirksame“ ein guter Name ist — erhält, als mit anderen Methoden.

Eine ganz andere Frage ist die, ob es von klinischem Gesichtspunkte aus wirklich nothwendig ist, so genaue Salzsäurebestimmungen wie die fraglichen zu machen. Im Gegentheil halte ich wie mehrere Kliniker heut zu Tage dafür, dass die Kliniker und Praktiker mit Rücksicht auf die Salzsäure sich in den meisten Fällen damit begnügen können, eine Aciditätsbestimmung, eine qualitative Probe auf freie Salzsäure und eine Digestionsprobe auszuführen. Gilt es, bei Ausbleiben der Farbenreactionen zu entscheiden, ob die Schleimhaut überhaupt Salzsäure secerniren kann, oder den Grad einer eventuellen Hyperacidität zu bestimmen, so muss es doch für angemessen gehalten werden, eine Totalsalzsäurebestimmung auszuführen.

Aus der angeführten Untersuchung geht ausserdem hervor, wie

complicirt die Frage betreffs der Ventrikelsalzsäure ist und mit wie vielen Factoren man bei ihrer Bestimmung zu rechnen hat. Bedenkt man auch, dass andere anwesende Salze die Salzsäuremenge dem Gesetze der chemischen Massenwirkung gemäss verändern müssen, so muss zugestanden werden, dass eine exacte Bestimmung der Salzsäure in einem Mageninhalt auf kaum zu überwindende praktische Schwierigkeiten stösst.

## II. Studien über die Verbindungen zwischen Eiweiss und einigen Säuren.

In dem historischen Rückblick, mit welchem dieser Aufsatz eingeleitet ist, habe ich die wichtigsten Versuche, welche gemacht worden sind, um das säurebindende Vermögen des Eiweisses zu bestimmen, übersichtlich vorgeführt. Im Folgenden werde ich nun eigene Untersuchungen über dieselbe in hohem Grade interessante Frage vorlegen.

Wenn man zu einer 0.05 normalen Salzsäure, welche bei einer gegebenen Temperatur eine gewisse molekulare Leitfähigkeit besitzt, Kaliumhydrat in wachsenden Mengen hinzufügt, ohne die Temperatur oder das Volumen zu verändern, und nach jedem Zusatz die Leitfähigkeit auf's Neue bestimmt, so findet man, dass diese continuirlich abnimmt, bis der Neutralisationspunkt erreicht ist, worauf sie wieder steigt. Die Kurve beschreibt einen Winkel (siehe Tafel VII, I, Kurve 1). Dies hängt natürlich davon ab, dass sowohl Salzsäure wie Kaliumhydrat besser als Chlorkalium leiten. Setzt man unter denselben Bedingungen anstatt Kaliumhydrat Ammoniak hinzu, so sinkt die Leitfähigkeit gleichfalls schnell, bis die Lösung neutral wird. Bei Ueberschuss von Ammoniak aber steigt die Leitfähigkeit nur wenig, und dieser Theil der Kurve (Tafel VII, I, Kurve 2) verläuft mit der Abscisse beinahe parallel: das Ammoniak trägt zum Transport der Elektrizität nur in geringem Grade bei, weil Ammoniak in Wasserlösung so gut wie ausschliesslich die elektrisch neutralen Moleküle  $\text{NH}_3$  und  $\text{H}_2\text{O}$  und nicht die Ionen  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{HO}^-$  enthält, in welch' letzterem Falle es ungefähr dieselbe Leitfähigkeit wie Kaliumhydrat haben würde.

Wird anstatt dieser Basen ein Stoff zugesetzt, welcher keine Verbindung mit der Säure eingeht, z. B. Rohrzucker, so finden wir (Tafel VII, I, Kurve 3) freilich, dass die Leitfähigkeit sinkt, die Kurve aber erhält jetzt ein ganz anderes Aussehen: sie sinkt allmählich und gleichmässig, ohne ein schärferes Knie zu machen. Arrhenius (146) hat gefunden, dass dies immer zutrifft, wenn ein Nichtleiter zu einem Elektrolyte hinzugefügt wird, welchen Umstand er dadurch erklärt, dass die Mole-

küle des Nichtleiters ein mechanisches Hinderniss für die Wanderung der Ionen darbieten. Die Senkung ist somit in diesem Falle als ein Frictionsphänomen zu betrachten. (Die Kurve ist nach Arrhenius' Zahlen und nach Arrhenius' Interpolationsformel gezeichnet.)

Weil nun das Eiweiss auch ein Nichtleiter ist, so muss es die Leitfähigkeit der Salzsäure schon aus diesem Grunde senken. Geht es indessen eine salzartige Verbindung mit der Salzsäure ein, so wird die Senkung von anderer Art als die, welche der Rohrzucker hervorruft.

Es war natürlich von Wichtigkeit, das Eiweiss so frei von Salzen zu erhalten, dass diese nicht in nennenswerthem Grade auf die Leitfähigkeit der Mischung influiren könnten. In der Hoffnung, dieses Ziel durch Dialyse erreichen zu können, verdünnte ich geschlagenes Hühner-eiweiss mit der 50fachen Menge Wasser, filtrirte, neutralisirte genau mit HCl und dialysirte in grossen, mit Filtrirpapier bedeckten Dialysatoren bei 55 bis 60° 5 bis 6 Tage lang, wobei das Wasser oft gewechselt wurde. Die hohe Temperatur wurde angewandt, theils um die Dialyse zu beschleunigen und theils um Bakterienwirkungen zu verhindern, welch' letzteres vortrefflich gelang, ohne dass antiseptische Mittel zugesetzt zu werden brauchten. Der reichliche Niederschlag, welcher sich während der Dialyse gebildet hatte, wurde abfiltrirt und das Filtrat bei 50° eingeeengt. Das solchermassen erhaltene Präparat von Eialbumin löste sich leicht in Wasser, einen unlöslichen Rückstand hinterlassend, welcher nach Kochen mit Säure eine reducirende Substanz ergab (C. Mörner's Ovomukoid?). Die Lösung wurde von  $\text{MgSO}_4$  in Substanz nicht getrübt.

Frei von Salzen hatte ich trotz der energischen Dialyse das Präparat nicht erhalten. Eine ziemlich concentrirte Lösung von demselben wurde auf Eiweiss und Salze bestimmt: 5<sup>ccm</sup> wurden eingeeengt, bei 110° zum constanten Gewicht getrocknet und gewogen, dann verascht und aufs Neue gewogen. Die 5<sup>ccm</sup> gaben (Mittel von zwei Bestimmungen: 0.2989 und 0.2999) 0.2994<sup>g</sup> Trockensubstanz und 0.0027<sup>g</sup> Asche, welche  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$  nebst Spuren von  $\text{MgO}$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  enthielt; eine besondere Probe ergab nur Spuren von löslichen Salzen, inclusive Chloriden. Diese Lösung, welche also 9.89<sup>g</sup> Eiweiss und 0.094<sup>g</sup> Salze in 100<sup>ccm</sup> enthielt, wurde auf ihre Leitfähigkeit bestimmt, und dabei wurden folgende Zahlen für verschiedene Concentrationen gefunden:

Gramm Albumin in 100 <sup>ccm</sup>	0.248	0.495	0.99	1.98	3.96	5.95	7.91	9.89
Spec. Leitfähigkeit 10 <sup>-7</sup>	0.0877	0.0644	0.1119	0.1945	0.3494	0.4777	0.5707	0.6405

Der Einfluss der Salze auf die Leitfähigkeit war also zu gross, um negligirt werden zu können. Um aber bei den folgenden Bestimmungen Correctionen machen zu können, müsste die Qualität und Quantität dieser Salze bekannt sein. Eine Quantität Eiweiss wurde daher verascht; von der Asche wurde 0.0899<sup>g</sup> abgewogen, in verdünnter Salzsäure gelöst, mit Natriumacetat versetzt und mit Ammoniumoxalat in Kochung gefällt. Das ausgefällte Calciumoxalat wurde in gewöhnlicher Weise durch Titrirung mit Chamäleon bestimmt, wobei 14.8<sup>ccm</sup> 0.1 Normallösung verbraucht wurden, was 0.04145<sup>g</sup> CaO entsprach. Im Filtrat + Waschwasser wurde nach Concentrirung Schwefelsäure wie gewöhnlich bestimmt und 0.0542<sup>g</sup> BaSO<sub>4</sub> = 0.0186<sup>g</sup> SO<sub>3</sub> gefunden. Das Filtrat + Waschwasser wurden mit Soda im Ueberschuss zur Trockne eingengt, geglüht, in HNO<sub>3</sub>-haltigem Wasser gelöst, nach Eggertz' (147) Vorschriften mit Molybdänflüssigkeit gefällt und vier Stunden bei 40° stehen gelassen. Der Niederschlag wurde abfiltrirt, mit HNO<sub>3</sub>-haltigem Wasser gewaschen, bei 95° zum constanten Gewicht getrocknet und gewogen. Das Gewicht war 0.6657<sup>g</sup> = 0.0247<sup>g</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

0.0186<sup>g</sup> SO<sub>3</sub> bindet 0.0130<sup>g</sup> CaO zu 0.0316<sup>g</sup> CaSO<sub>4</sub>  
 0.0247<sup>g</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> „ 0.0292<sup>g</sup> CaO zu 0.0539<sup>g</sup> Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>,

und also fehlt nur 0.0008<sup>g</sup> CaO, welcher durch Magnesia ersetzt werden könnte. Die wiedergefundene Asche ist 0.0855; also ein Verlust von nur 5 Prozent.

Um nun zu berechnen, wie viel das Eiweiss die Leitfähigkeit eines Elektrolytes durch das mechanische Hinderniss vermindert, welches die Eiweissmoleküle für die Wanderung der Ionen bilden, habe ich Bestimmungen betreffs der Leitfähigkeit einer 0.05 normalen NaCl-Lösung bei Anwesenheit von wechselnden Mengen Eiweiss ausgeführt. In untenstehender Aufstellung geben die Zahlen in der ersten Zeile die Eiweissconcentration an, die der zweiten Zeile die gefundene molekulare Leitfähigkeit und die der dritten dieselbe Leitfähigkeit nach Abzug von der Leitfähigkeit des Eiweisses in respectiver Concentration.

Gramm Album. in 100 <sup>ccm</sup> :	0	0.51	1.01	2.02	2.99	3.93	4.99	5.61
Mol. Leitfähigkeit								
$\frac{\quad}{10^{-7}}$ :	89.63	90.25	90.46	90.59	90.05	89.92	89.79	89.38
	89.63	89.01	88.26	86.89	84.82	83.21	81.84	80.52

Gramm Album. in 100 <sup>ccm</sup> :	6.29	6.99	7.86
Mol. Leitfähigkeit			
$\frac{\text{---}}{10^{-7}}$ :	89.21	88.59	88.27
	79.81	78.45	76.77

Die Zahlen der dritten Zeile sind graphisch aufgestellt in Kurve 4 Taf. VII, I.

Mit jedem Gramm Eiweiss in 100<sup>ccm</sup> wird also die Leitfähigkeit einer 0.05 normalen NaCl-Lösung um durchschnittlich 1.52 Procent vermindert. In seiner oben citirten Arbeit hat Arrhenius gezeigt, dass die Verminderung der Leitfähigkeit (Arrhenius  $\alpha$ -Werth) durch Zusatz von Nichtleitern verschieden wird, je nach der Natur des Elektrolytes und des Nichtleiters. Man ist also nicht berechtigt, den für NaCl gefundenen Coëfficienten ohne Weiteres auch als z. B. für HCl oder H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geltend anzusehen. Den Coëfficienten in diesem Falle für eine Säure direct experimentell zu bestimmen, das lässt sich nicht thun, weil die Säure und das Eiweiss chemisch auf einander einwirken. Ich habe ihn daher dadurch berechnet, das sich das Mittel von Arrhenius'  $\alpha$ -Werthen für NaCl, für HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und für H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> genommen und unter der Annahme, dass dieselbe Regelmässigkeit für Eiweiss wie für die sechs von Arrhenius untersuchten Nichtleiter herrscht, den von mir für NaCl gefundenen Coëfficienten umgerechnet habe. Da Arrhenius'  $\alpha$ -Werthe für NaCl 2.21, für HCl 1.84, für HNO<sub>3</sub> 1.88, für H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.41 und für H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.95 sind, so habe ich also folgende Coëfficienten erhalten: für NaCl 1.52, für HCl 1.26, für HNO<sub>3</sub> 1.29, für H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.66 und für H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2.03.

Die molekulare Leitfähigkeit der Salzsäure muss also abnehmen zufolge der blossen Anwesenheit von Eiweiss und zwar in etwa demselben Grade, als wären gleich viele Gramm Rohrzucker in 100<sup>ccm</sup> zugegen. Die Kurve 3 würde daher etwa die Grösse dieser Verminderung auch für das Eiweiss zeigen, wenn keine chemische Reaction zwischen Salzsäure und Eiweiss einträte.

Bei directen Messungen der Leitfähigkeit der Mischungen von Salzsäure und der Eiweisslösung, wobei die Lösung in Bezug auf HCl immer 0.05 normal war, aber eine wechselnde Menge Eiweiss enthielt, wurden folgende Werthe gefunden, welche in der Kurve 5 Tafel VII, I aufgestellt sind:

Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :	0	0.72	1.08	2.16	3.03	4.09	4.70	5.22
Mol. Leitfähigkeit <sup>1</sup>								
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :	334.5	286.2	263.1	196.2	146.3	97.5	78.52	68.66
Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :		5.87	6.26	6.71	7.83	9.40		
Mol. Leitfähigkeit								
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :		62.52	60.7	59.43	58.32	57.7		

<sup>1</sup> Für 0.05 normal berechnet.

Ein Blick auf diese Kurve zeigt sogleich, dass die Abnahme von der Leitfähigkeit der Salzsäure bei Anwesenheit von Eiweiss eine ganz andere ist als die, welche durch Friction zwischen den Ionen und den Eiweissmolekülen hervorgerufen worden wäre. Die Kurve sinkt im Anfang schnell, dann allmählich gegen einen Grenzwert. Die Ähnlichkeit mit der Kurve, welche die Abnahme von der Leitfähigkeit der Salzsäure bei Gegenwart von Ammoniak darstellt, fällt dagegen so in's Auge, dass es keinem Zweifel unterliegen kann, dass die Abnahme in beiden Fällen dieselbe Ursache hat, und dass das Eiweiss sich also gegen die Säure als eine Base verhält. Mit anderen Worten, die Abnahme der Leitfähigkeit ist als ein Neutralisationsphänomen zu betrachten.

Eine Verschiedenheit zwischen dem Verlauf der beiden Kurven findet indessen doch statt: während die Ammoniakkurve beim Neutralisationspunkte ein scharfes Knie macht, beschreibt die Eiweisskurve einen Bogen, und dies kommt daher, dass das Salz, welches die Säure mit dem Eiweiss bildet, „hydrolytisch dissociirt“ ist. Schon seit lange ist es bekannt, dass Salze von schwachen Säuren und Basen von dem Wasser, in welchem sie gelöst sind, unter Aufnahme der Bestandtheile des Wassers in freie Säure und freie Base zerlegt werden. Eine Wasserlösung von einem solchen Salze enthält also die vier Körper: Säure, Base, Salz und Wasser, welche einen Gleichgewichtszustand bildet, der, wenn zwei von den vier Körpern schwach und zwei stark dissociirt sind (Arrhenius 148), durch folgende Gleichung ausgedrückt werden kann:

$$(\text{act. Masse Säure}) (\text{act. Masse Base}) = (\text{act. Masse Salz}) (\text{act. Masse Wasser})$$

oder, weil die active Masse des Wassers als constant angesehen werden kann,

$$\frac{\text{act. Masse Salz}}{(\text{act. Masse Säure}) (\text{act. Masse Base})} = K \text{ (eine Constante).}$$

Salze von starken Säuren und Basen sind auf Grund des geringen Dissociationsgrades des Wassers so wenig hydrolytisch, dass die hydrolytische Dissociation nicht nachgewiesen werden kann. Für Chlorammonium ist wirklich eine solche nachweisbar, und hätte man die Messungen hinlänglich nahe am Neutralisationspunkte gemacht, so würde die Spitze der Kurve etwas abgerundet werden. Da das Eiweiss als Base sehr schwach ist, wird auch die hydrolytische Dissociation seiner Salze eine bedeutende, wie dies die Kurve deutlich zeigt.

Die hydrolytische Dissociation ist von Walker (148) zur Bestimmung der relativen Affinität einiger schwachen Basen benutzt worden.



Durch die von mir ausgeführten Messungen lässt sich die hydrolytische Dissociation des Albuminchlorhydrates berechnen, und ist also ein Vergleich zwischen der Stärke des Albumins und derjenigen der von Walker untersuchten Basen möglich. Ausserdem lässt sich ein wichtiger Schluss auf die Grösse des chemischen Aequivalentes des Albumins aus den Messungen ziehen.

Die gefundenen Werthe lassen sich aber nicht unmittelbar der Berechnung zu Grunde legen, denn zwei in dieser Beziehung störende Momente: der Salzgehalt des Albumins und die Friction der Albuminmoleküle gegen die Ionen, sind noch nicht eliminirt.

Am Endpunkte der Kurve, wo die Albuminmenge  $9.4^g$  in  $100^{cem}$  beträgt, ist hinlänglich Albumin zugegen, um erstens die ganze Säuremenge vollkommen zu neutralisieren und zweitens die Hydrolyse; praktisch gesehen, gleich Null zu machen. Die in dem Albuminpräparat vorkommenden Salze  $Ca_3(PO_4)_2$  und  $CaSO_4$  haben sich natürlich mit der Salzsäure zum Theil umgesetzt, wobei die Säuren  $HCl$ ,  $H_2SO_4$  und  $H_3PO_4$  die Base  $Ca$  zwischen sich getheilt haben und zwar im Verhältniss zu ihrer Avidität und activen Masse. Der Rückstand der Säuren ist vom Albumin vollkommen neutralisirt, und die Hydrolyse kann, wie eben gesagt, gleich Null angesehen werden. Unter solchen Verhältnissen ist es klar, dass man die Einwirkung der im Albuminpräparat vorhandenen Salze hinsichtlich der Leitfähigkeit dadurch eliminiren kann, dass man die Leitfähigkeit des Albumins in fraglicher Concentration von der beobachteten Leitfähigkeit einfach abzieht: es ist ja gleichgültig, wie man sich die Ionen hier combinirt denkt.

Die Leitfähigkeit des Albumins (Concentration  $9.4$ ) war, mit  $20$  multiplicirt,  $12.3$ ; wir erhalten also den Werth  $45.4$ , welcher, wenn die Eiweissmolekeln der Wanderung der Ionen kein Hinderniss in den Weg legten,  $9.4 \times 1.52$  Procent<sup>1</sup> höher sein würde (weil die Säure neutralisirt ist, muss der Coëfficient für das Salz benutzt werden), d. h.  $52.95$ , welcher Werth also die molekulare Leitfähigkeit (für  $0.05 n$  berechnet) der in der Lösung vorkommenden Salzsäure-, Schwefelsäure- und Phosphorsäure-Albuminverbindungen angiebt. Da indessen die Salzsäure in bedeutendem Ueberschusse vorhanden ist, kann es keinen grossen Fehler verursachen,  $53.10^{-7}$  als die molekulare Leitfähigkeit des Albuminchlorhydrates in  $0.05$  normaler Lösung bei  $18^\circ$  zu betrachten.

<sup>1</sup> Eigentlich hätte hier die Interpolationsformel Arrhenius' benutzt werden sollen; der Unterschied im Resultat wird jedoch nur ein sehr geringer.

Aus den Ueberführungszahlen Hittorf's und den Bestimmungen Kohlrausch's<sup>1</sup> lässt sich nun die molekulare Leitfähigkeit der Chlorionen eines binären Elektrolytes in 0.05 *n* Lösung bei 18° zu  $54 \cdot 10^{-7}$  berechnen, und weil die molekulare Leitfähigkeit eines Elektrolytes gleich der Summe von derjenigen der Ionen ist, würde also, falls das Albuminchlorhydrat ein binärer Elektrolyt ist, sein anderer aus Albumin + Wasserstoff bestehender Ion zu der Leitfähigkeit gar nicht beitragen. Ostwald<sup>1</sup> hat gezeigt, dass die negativen organischen Ionen, deren Atomanzahl zwölf übersteigt, eine Wanderungsgeschwindigkeit haben, welche nur von der Anzahl und nicht von der Natur der Atome abhängt und dass diese Geschwindigkeit abnimmt, wenn die Atomanzahl zunimmt. Die kleinste Geschwindigkeit, die Ostwald gefunden, war bei 25° 24, wobei der Ion 28 Atome enthielt. Es wäre ja kaum Veranlassung vorhanden, darüber zu erstaunen, wenn ein Ion, der so übermässig gross ist, eine Geschwindigkeit von fast Null hätte, d. h. beinahe unbeweglich wäre und daher nicht in nennenswerthem Grade zu dem Transport der Elektrizität beitrüge. — Aus mehrwerthigen Elektrolyten berechnet, wird, deren geringeren Dissoziationsgrades wegen, die molekulare Leitfähigkeit der Chlorionen unter denselben Bedingungen eine etwas geringere. Hätte daher das Albuminchlorhydrat die Constitution von  $R_2Cl_3$ ,  $RCI_2$  u. s. w., was gar nicht unwahrscheinlich ist, so würde auch den Albuminionen eine nennenswerthe Leitfähigkeit zukommen.

Legen wir nun durch den Werth 53 (siehe die Kurve) eine mit der Abscisse parallele Linie, und wird die andere Asymptote ausgezogen, so finden wir, dass diese Linien einander an einem Punkte schneiden, welcher 4.1° oder ungefähr 4° Albumin entspricht. Hier ist also der neutrale Punkt zu finden, und 4° Albumin in 100<sup>ccm</sup> sind demnach als eine 0.05-Normallösung anzusehen, woraus folgt, dass das chemische Aequivalent des Eialbumins 820 oder etwa 800 sein muss.

Die Berechnung der Hydrolyse des Albuminchlorhydrates bietet der Anwesenheit des anorganischen Salzes wegen einige Schwierigkeiten. Bevor ich diese Berechnung vornehme, werde ich einige Messungen mittheilen, welche ich mit Mischungen von je 0.025 *n* HCl, 0.05 *n* HNO<sub>3</sub>, 0.05 äqu. *n* H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und 0.05 *n* H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> nebst Albumin gemacht habe.

Für Mischungen von 0.025 *n* HCl und Albumin wurde gefunden:

<sup>1</sup> Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*. Bd. II, S. 723 u. f.

<sup>2</sup> Ibid. S. 681.

Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :	0	0.53	1.06	1.59	2.13	2.55	3.19
Mol. Leitfähigkeit <sup>1</sup> :	340.5	271.1	207.2	151.5	108.4	85.99	71.50
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :							
Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :	4.25	5.23	6.38				
Mol. Leitfähigkeit:	66.89	66.95	67.91				
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :							

welche Werthe in Kurve 6 Taf. VII, I graphisch aufgestellt sind.

Diese Kurve ist von der eben discutirten insofern verschieden, als ihr horizontaler Theil wieder steigt, nachdem ein Minimalwerth erreicht ist; dies hängt davon ab, dass die Leitfähigkeit der im Albumin vorkommenden Salze von der Abnahme der Leitfähigkeit, welche die Reibung der Albuminmolekeln gegen die Ionen verursacht, in dieser Concentration nicht compensirt ist. Ziehen wir vom Endwerthe 67.9 die Leitfähigkeit der Salze ab, so erhalten wir 48.3, und corrigiren wir für die Friction, so erhalten wir als molekulare Leitfähigkeit des Albuminchlorhydrates in 0.025 normaler Lösung 53.2 $\cdot$ 10<sup>-7</sup>. Wird dann durch diesen Werth eine mit der Abscissenaxe parallele Linie gelegt und die andere Asymptote der Kurve ausgezogen, so schneiden die Linien einander im Ordinatenwerthe 2.1, weshalb das Aequivalent des Albumins nach dieser Bestimmung 840 wird.

Für Mischungen von 0.05 aeq.  $n$  H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und Albumin wurde folgende Leitfähigkeit gefunden (siehe Tafel VII, II, Kurve 1):

Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :	0	0.51	0.72	1.08	2.16	3.03	4.09
Mol. Leitfähigkeit <sup>2</sup> :	286.0	211.3	200.9	182.8	182.2	94.62	57.7
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :							
Gramm Alb. in 100 <sup>ccm</sup> :	4.7	5.22	5.53	5.87	6.71	7.83	9.4
Mol. Leitfähigkeit:	44.52	38.86	37.17	36.06	35.19	35.24	35.42
$\frac{\text{Mol. Leitfähigkeit}}{10^{-7}}$ :							

Wird von dem Endwerth der Curve, 35.4, die Leitfähigkeit der Salze in entsprechender Concentration, 12.32, abgezogen, so restirt 23.1, und corrigiren wir für die Reibung mit 9.4  $\times$  2.12 Procent, so erhalten wir als molekulare Leitfähigkeit der Schwefelsäureverbindung 29.0 (der Frictionscoefficient 2.12 ist aus dem  $\alpha$ -Werthe Arrhenius' (146) für MgSO<sub>4</sub> berechnet, wie oben [S. 334] angegeben ist). Weil die verticale Asymptote der Kurve den Abscissenwerth 29 im Ordinatenwerth 4.05 schneidet, so wird das Aequivalent des Albumins nach dieser Bestimmung auf 810 berechnet.

<sup>1</sup> Für 0.025 normal berechnet.

<sup>2</sup> Für 0.05 äqu. normal berechnet.

Für Mischungen von 0.05 n  $\text{HNO}_3$  und Albumin erhielt ich folgende Werthe (graphisch dargestellt in Kurve 2, Tafel VII, II):

Gramm Alb. in 100 $\text{cm}^3$ :	0	0.51	1.01	2.02	2.99	3.49	4.0
Mol. Leitfähigkeit <sup>1</sup> : $10^{-7}$	331.5	294.5	260.2	195.6	138.2	113.1	91.16

Gramm Alb. in 100 $\text{cm}^3$ :	4.50	5.32	6.01	6.43	6.97	8.04	9.01
Mol. Leitfähigkeit: $10^{-7}$	74.15	57.98	53.42	52.41	51.74	51.26	51.26

Wird von 51.26 die Leitfähigkeit der Salze subtrahirt und wird für die Reibung corrigirt, so erhalten wir als molekulare Leitfähigkeit der Salpetersäureverbindung 45.5. Die ausgezogene Asymptote der Curve schneidet diesen Werth bei 3.9<sup>s</sup> Albumin, und das Aequivalent des Albumins wird daher nach dieser Bestimmung 780.

Endlich habe ich das albuminbindende Vermögen der Phosphorsäure untersucht. Weil diese Säure eine schwache Säure ist und die Aenderungen ihrer Leitfähigkeit bei Anwesenheit von anderen Elektrolyten also gross werden, ist es mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft, die Bedeutung des Resultates zu überschauen. Die gefundenen Werthe sind die folgenden (siehe Kurve 3, Tafel VII, II):

Gramm Alb. in 100 $\text{cm}^3$ :	0	0.5	0.99	1.49	1.99	2.49	2.99	3.51	4.0
Mol. Leitfähigkeit <sup>2</sup> : $10^{-7}$	116.3	102.4	90.34	79.25	69.38	60.9	53.77	47.38	42.6

Gramm Alb. in 100 $\text{cm}^3$ :	4.48	4.98	5.53	6.03	6.51	6.96	7.48	8.08
Mol. Leitfähigkeit: $10^{-7}$	38.8	36.09	33.98	32.71	31.88	31.42	30.99	30.77

Aus dem Verlauf der Kurve geht indessen hervor, dass auch hier ein Neutralisationsphänomen sich abspielt. Der Endwerth ist doch unzweideutig nicht erreicht. Theils aus diesem Grunde und theils, weil man vorläufig nicht entscheiden kann, welcher von den drei Phosphaten sich bildet,<sup>3</sup> wird die Berechnung in hohem Grade unsicher.

Im Mittel von den drei Bestimmungen bezüglich 0.05 Normal-lösung von  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und  $\text{HNO}_3$  wird das Aequivalent des Albumins 803 oder (rund) 800, welcher Werth als eine erste Approximation angesehen werden kann.

<sup>1</sup> Für 0.05 normal berechnet.

<sup>2</sup> Für 0.05 mol. normal berechnet.

<sup>3</sup> Es ist wahrscheinlich, dass bei Ueberschuss von Säure das Salz  $\text{RH}_2\text{PO}_4$ , bei Ueberschuss von Eiweiss  $\text{R}_2\text{HPO}_4$ , vielleicht mit etwas  $\text{R}_3\text{PO}_4$ , vorhanden ist.

Ich kehre indessen zu dem oben erwähnten Problem zurück, die hydrolytische Dissociation der Albumin-Säureverbindungen zu bestimmen, wobei es zuerst darauf ankam, den Einfluss der Salze auf die Leitfähigkeit der Säuren zu berechnen.

Zu diesem Zwecke wurde 5<sup>cem</sup> einer concentrirten Albuminlösung zur Trockne eingedampft, bei 110° getrocknet und gewogen. Das Gewicht war 0.5620<sup>g</sup>. Nach der Verbrennung und Veraschung des Albumins wog die Asche 0.0050<sup>g</sup>. Diese Asche wurde in 10<sup>cem</sup> 0.05 *n* HCl gelöst, weshalb 100<sup>cem</sup> dieser Lösung dieselbe Menge Salze enthielten, welche sich in 100<sup>cem</sup> einer Lösung von 5.57<sup>g</sup> salzfreiem Albumin vorfinden. Bei der Messung zeigte sich, dass die molekulare Leitfähigkeit der Salzsäure zufolge Hinzufügung der Asche von 334.5 auf 307.2 vermindert war. Da die Zusammensetzung der Asche durch die oben (Seite 333) erwähnte Analyse bekannt ist, können wir leicht berechnen, um wie viel die Leitfähigkeit der Salzsäure durch den Zusatz vermindert werden soll, und so nachsehen, wie der gefundene und der berechnete Werth mit einander übereinstimmen.

Setzen wir zu 100<sup>cem</sup> einer 0.05 normalen Salzsäure  $\frac{31}{85} \times 0.05 = 0.018^g = \frac{0.018}{68} = 0.00026$  Äquivalenten  $\text{CaSO}_4$  und  $\frac{54}{85} \times 0.05 = 0.032 = \frac{0.032}{52} = 0.0006$  Äquivalenten  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , so enthält die Lösung, wenn wir eine vollkommene Umsetzung annehmen, in 1 Liter (0.05 — 0.0026 — 0.006) Äquivalente HCl + 0.0026 Äquivalente  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 0.006 Äquivalente  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 0.0086 Äquivalente  $\text{CaCl}_2$ . Alle diese Elektrolyte sind mit Ausnahme von  $\text{H}_3\text{PO}_4$  stark dissociirt; die Aenderung in ihrem Dissociationsgrad durch die vermehrte Concentration kann daher negligirt und die Lösung als eine 0.05 normale angesehen werden. Der Dissociationsgrad der Phosphorsäure ist bei einer Totalconcentration von 0.05 (siehe Tabelle S. 321) 0.173, welchem eine molekulare Leitfähigkeit von 55 entspricht. Der Werth 55, welcher auf eine molekular-normale Lösung Bezug hat, muss, da hier mit Äquivalenten gerechnet wird, mit 3 dividirt werden. Die molekulare Leitfähigkeit für 0.05 *n* HCl ist 334.5, für 0.05 Aequ. *n*  $\text{H}_2\text{SO}_4$  236 und für 0.05 Aequ. *n*  $\text{CaCl}_2$  88, weshalb die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0.05 *n* berechnet) sich aus folgenden Termini zusammensetzt:

$$0.0414 \quad n \text{ HCl} \quad \text{von Leitfähigkeit} \quad \frac{0.0414}{0.05} \times 334.5 = 277.0$$

$$0.006 \text{ aequ. } n \text{ H}_3\text{PO}_4 \quad ,, \quad ,, \quad \frac{0.006}{0.05} \times \frac{55}{3} = 2.2$$

$$0.0026 \text{ aequ. } n \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ von Leitfähigkeit } \frac{0.0026}{0.05} \times 236.0 = 12.3$$

$$0.0086 \text{ „ } n \text{ CaCl}_2 \text{ „ „ } \frac{0.0086}{0.05} \times 88.0 = 15.1$$

Die Summe 306.6 stimmt mit dem gefundenen Werth 307.2 gut überein.<sup>1</sup>

Da also die gemachte Annahme von dem Einfluss der Salze als annähernd richtig angesehen werden kann, wird die Berechnung von der Grösse der Hydrolyse folgendermassen ausgeführt.

Bei gleichzeitiger Anwesenheit von 4<sup>s</sup> (salzfreiem) Albumin in 100<sup>cem</sup> enthält die Lösung 0.0359<sup>s</sup> Salze, davon 0.0131<sup>s</sup> = 0.000193 Aequivalente CaSO<sub>4</sub> und 0.0228<sup>s</sup> = 0.000438 Aequivalente Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Sähen wir erstens von dem Albumin ab, so wäre die molekulare Leitfähigkeit nach Umsetzung der Salze:

$$(0.05 - 0.0068) \text{ } n \text{ HCl von Leitfähigkeit } 0.874 \times 334.5 = 292.3$$

$$0.0044 \text{ aequ. } n \text{ H}_3\text{PO}_4 \text{ „ „ } 0.088 \times \frac{55}{3} = 1.61$$

$$0.0019 \text{ „ } n \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ „ „ } 0.038 \times 236.0 = 8.97$$

$$0.0068 \text{ „ } n \text{ CaCl}_2 \text{ „ „ } 0.126 \times 88.0 = 11.09$$

Die Summe 313.97 ist also die von anorganischen Salzen und Säuren bedingte Leitfähigkeit.

Denken wir nun, dass wir zu 100<sup>cem</sup> von dieser Lösung 4<sup>s</sup> salzfreies Albumin zugesetzt haben, so würde die Mischung, wenn keine Hydrolyse stattfände, folgende Leitfähigkeit haben:

$$0.0068 \text{ aequ. } n \text{ CaCl}_2 \text{ von Leitfähigkeit } = 11.09$$

$$0.0437 \text{ „ } n \text{ HCl-Alb. „ „ } 0.874 \times 53.0 = 46.32$$

$$0.0044 \text{ „ } n \text{ H}_3\text{PO}_4 \text{-Alb. „ „ } 0.088 \times \frac{23}{3} = 0.7$$

$$0.0019 \text{ „ } n \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{-Alb. „ „ } 0.038 \times 29.0 = 1.1$$

Für die Reibung muss die Summe 59.21 mit 6.08 Proc. (= 4 × 1.52) corrigirt werden und wird dann 55.66. Der beobachtete Werth (siehe die Kurve!) ist 100.5, welcher zwischen 314 und 55.66 liegt. In der Lösung sind also zum Theil beide Systeme vertreten und durch eine ein-

<sup>1</sup> In der Berechnung ist vorausgesetzt, dass die stärkste Säure, die Salzsäure, die ganze Menge Ca in Beschlag genommen hat, während in der That die drei Säuren die Base nach ihrer Avidität und ihrer activen Masse unter sich vertheilen. Dies kann jedoch bei dem grossen Ueberschuss an Salzsäure keinen nennenswerthen Fehler mitführen, und da eine exakte Berechnung höchst complicirt und unsicher wird, weil drei Säuren in verschiedenen Concentrationen um die Base concurriren, so ist von derselben abgesehen worden.

fache Interpolation:  $314x + (1-x)55.66 = 100.5$ , woraus  $x = 0.174$ , finden wir, dass das erste System mit 17.4 Procent vertreten ist oder mit anderen Worten, dass 17.4 Procent von den Säuren in freiem Zustande zugegen sind. Sehen wir von der Schwefelsäure und Phosphorsäure ab, so ist also das Albuminchlorhydrat in „neutraler“ 0.05 Normal-lösung hydrolysiert zu 17.4 Procent.

Machen wir eine ähnliche Berechnung für die Mischung von 0.025 n HCl und 2 % Albumin, so finden wir:

für das System I (nur Säure und anorganische Salze zugegen)

(0.025 — 0.00327) aequ. n HCl von Leitfähigkeit.				$0.869 \times 340.5 = 296.0$
0.0023	„	n $H_3PO_4$	„	$0.092 \times \frac{70}{3} = 2.48$
0.00097	„	n $H_2SO_4$	„	$0.089 \times 254.0 = 9.86$
0.00327	„	n $CaCl_2$	„	$0.181 \times 92.0 = 12.03$
				<u><math>= 320.37</math></u>

für System II (bei Anwesenheit von 2 % Albumin)

0.00327	aequ. n $CaCl_2$	von Leitfähigkeit	$= 12.03$
0.02178	„ n HCl-Alb.	„	$0.869 \times 53.2 = 46.23$
0.0023	„ n $H_3PO_4$ -Alb.	„	$0.092 \times \frac{25}{3} = 0.73$
0.00097	„ n $H_2SO_4$ -Alb.	„	$0.089 \times 32.0 = 1.25$
			<u><math>= 60.24</math></u>

Die Summe 60.23, mit 3.04 Procent corrigiert, wird 58.41. Die gefundene Leitfähigkeit war 116. Durch Interpolation finden wir die Hydrolyse gleich 22 Procent. Die Hydrolyse wächst also mit der Verdünnung. Shields (149) hat gefunden, dass die Hydrolyse, wenn sie nicht zu gross ist, der Quadratwurzel der Concentration proportional ist. Nach dieser Regel würden wir  $17.4\sqrt{2} = 24.2$  Procent gefunden haben;<sup>1</sup> der Unterschied ist kein grosser.

Bei ähnlicher Behandlung der Schwefelsäure- und Salpetersäure-curve erhalten wir:

Für  $H_2SO_4$ ; System I.

(0.05 — 0.0044) aequ. n $H_2SO_4$ von Leitfähigkeit				215.3
0.0044	„	n $H_3PO_4$	„	1.61
0.0063	„	n $CaSO_4$	„	7.07
				<u><math>= 223.98</math></u>

<sup>1</sup> Eine genauere Berechnung nach dem Guldberg-Waage'schen Gesetz giebt die Zahl 23.7 Procent.

## System II.

0.0063	aequ. $n$ $\text{CaSO}_4$	von Leitfähigkeit	7.07
0.0456	„ $n$ $\text{H}_2\text{SO}_4$ - Alb.	„	26.45
0.0044	„ $n$ $\text{H}_3\text{PO}_4$ - Alb.	„	0.7
			<hr/> = 34.22

und, nach Correction mit 8.6 Procent, 31.95. Die gefundene Leitfähigkeit war 60; also eine Hydrolyse von 14.7 Procent.

 Für  $\text{HNO}_3$ ; System I.

(0.05 — 0.0063)	aequ. $n$ $\text{HNO}_3$	von Leitfähigkeit	289.7
0.0044	„ $n$ $\text{H}_2\text{PO}_4$	„	1.61
0.0019	„ $n$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	„	8.97
0.0063	„ $n$ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	„	10.08
			<hr/> = 310.36

## System II.

0.0063	aequ. $n$ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	von Leitfähigkeit	10.08
0.0437	„ $n$ $\text{HNO}_3$ - Alb.	„	39.76
0.044	„ $n$ $\text{H}_3\text{PO}_4$ - Alb.	„	0.7
0.0019	„ $n$ $\text{H}_2\text{SO}_4$ - Alb.	„	1.12
			<hr/> = 51.66

Nach Correction wird die berechnete Leitfähigkeit 48.58, die gefundene war 91.5, und also ist die Grösse der Hydrolyse 16.40 Procent.

Die übrigen Theile der Curven habe ich unter derselben Annahme, dass die stärkste Säure zuerst und erst darnach die schwächeren neutralisirt werden, ähnlich berechnet. In unten stehender Tabelle wird die Procentmenge freier Säure angegeben, welche durch die Hydrolyse der resp. Albuminverbindungen entsteht:

Gramm Albumin in 100 <sup>ccm</sup>	0.05 $n$ $\text{HCl}$	0.05 Aequ. $n$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	0.05 $n$ $\text{HNO}_3$
1	16.8	15.5	15.0
2	18.7	17.0	17.1
3	20.7	17.9	19.1
3.65	23.1	20.2	21.5
4	17.4	14.7	16.4
5	6.16	4.74	5.4
6	2.13	2.10	1.6
7	0.91	1.5	0.6
8	0.38	1.2	0.2
9	0.0	0.9	0.0



Man hätte erwarten sollen, dass der höchste Werth für die Concentration 4 g Albumin in 100 <sup>ccm</sup> erhalten worden wäre, während dieser auf die Concentration 3.65 g in 100 <sup>ccm</sup> kommt. In diesem Falle ist das Albumin genau hinlänglich, um die am besten leitenden Säuren HCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> zu neutralisiren, und nur die Phosphorsäure ist frei angenommen. Der Kalk hat dann 0.0058 und das Albumin 0.046 Aequivalente Säure genommen, und die übrigen 0.004 Säuren-Aequivalente bestehen aus Phosphorsäure. Weil aber die Phosphorsäure bezüglich ihres eiweissbindenden Vermögens den stärkeren Säuren unterlegen ist, was ja auch die Leitungsmessungen andeuten, muss vielleicht die Lösung nicht als eine 0.05 Normal-lösung, sondern als eine schwächere angesehen werden. Denken wir uns, dass sie 0.046 wäre, was der Concentration der stärkeren Säuren entspricht, so würde das chemische Aequivalent des Albumins  $\frac{4}{0.0046} = 870$  sein.

Aus der Tabelle ist leicht zu berechnen, wie viel von der Total-säure gebunden ist, wenn verschiedene Albuminmengen in der Lösung zugegen sind. In folgender Tabelle wird in der ersten Colonne unter jeder Säure angegeben, wie viel, in Procent, von der Totalmenge Säure (welche der Versuchsanordnung gemäss 0.05 aequivalent-normal war) gebunden ist.<sup>1</sup> (Was die zweite Colonne bedeutet, wird sogleich angegeben werden.)

Gramm Album. in 100 <sup>ccm</sup>	HCl		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		HNO <sub>3</sub>		Mittel von	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	20.8	22.9	21.1	23.0	21.2	23.6	21.0	23.2
2	40.3	44.8	41.5	45.6	41.4	45.9	41.1	45.4
3	59.5	65.7	61.6	67.2	60.7	67.1	60.6	66.7
4	82.6	82.7	85.3	85.8	83.6	84.3	83.8	84.3
5	93.8	94.0	95.3	96.3	94.6	95.2	94.6	95.2
6	97.9	98.3	97.9	99.0	98.4	98.9	98.1	98.7
7	99.1	99.4	98.5	99.4	99.4	99.3	99.0	99.4
8	99.6	99.8	98.8	99.9	99.8	99.8	99.4	99.8
9	100.0	99.9	99.1	100.0	100.0	99.8	99.7	99.9

Bis 4 g Albumin in 100 <sup>ccm</sup> ist also die gebundene Säuremenge der Albuminmenge nahezu proportional.

$$^1 100 - \left( 0.0375 + \frac{0.0125 \times 16.8}{100} \right) \frac{100}{0.05} = 20.8 \text{ u. s. w.}$$

Es erscheint mir von einem gewissen Interesse, zu zeigen, wie die Berechnung ausfällt, wenn man, wie ich Anfangs that, die Leitfähigkeit der Salze von der gefundenen auch an den Theilen der Kurven, wo vollkommene Neutralisation nicht eingetreten ist, einfach subtrahirt, für die Reibung corrigirt und so durch eine Interpolation berechnet, wie viel von der Säure gebunden ist. Die erste Colonne unter jeder Säure in folgender Tabelle bezeichnet die molekulare Leitfähigkeit der Mischung, um die der Salze vermindert, die zweite die so erhaltene Leitfähigkeit nach Correction für die Reibung, die dritte den dabei benutzten Correctionsfactor (bei Anwesenheit von 3 \* Albumin besteht er zu  $\frac{3}{4}$  von dem corrigirten Factor des Salzes und zu  $\frac{1}{4}$  von dem der freien Säure) und die vierte die gebundene Säuremenge, in Procent von der Totalmenge ausgedrückt  $\left( \frac{384.5 x}{100} + \frac{(100-x) 53}{100} = 270.1, \right.$   
 woraus  $(1-x) = 22.9$ ).

Gramm Albumin in 100 cem	HCl				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				HNO <sub>3</sub>				Mittel von 4
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
0	334.5				236.0				381.5				
1	266.5	270.1	1.31	22.9	185.0	188.4	1.80	23.0	260.3	263.9	1.31	23.6	23.2
2	202.5	208.3	1.39	44.8	136.2	141.6	1.91	45.6	193.8	199.3	1.39	45.9	45.4
3	148.0	149.3	1.45	65.7	91.0	96.9	2.00	67.2	133.6	139.7	1.45	67.1	66.7
4	95.0	101.1	1.52	82.7	58.2	58.1	2.12	85.8	84.8	90.3	1.52	84.3	84.3
5	64.5	69.81	1.52	94.0	32.7	36.6	2.12	96.3	64.7	70.0	1.52	95.2	95.2
6	52.4	57.7	1.52	98.3	26.9	30.8	2.12	99.0	44.3	48.8	1.52	98.9	98.7
7	49.0	54.8	1.52	99.4	25.0	30.0	2.12	99.4	42.0	47.0	1.52	99.3	99.4
8	47.0	53.5	1.52	99.8	24.0	28.9	2.12	99.9	39.6	45.5	1.52	99.8	99.8
9	45.8	53.06	1.52	99.9	23.2	28.85	2.12	100.0	39.3	45.5	1.52	99.8	99.9
9.4	45.4	52.95	1.52	100.0	23.1	28.85	2.12	100.0	38.9	45.4	1.52	100.0	100.0

Es sind die nach dieser Berechnung erhaltenen Werthe, welche in den Columnen II der Tabelle S. 344 aufgestellt sind.

Eine Vergleichung zeigt natürlich einen Unterschied in Bezug auf die Resultate, welcher jedoch nicht gross ist. Wenn also auch keine Rücksicht auf die Umsetzung der im Albumin vorhandenen Salze mit der Salzsäure genommen worden wäre, würde der Fehler doch nicht bedeutend geworden sein. Die durch verschiedene Berechnungsweise erhaltenen Werthe sind daher geeignet, einander einigermassen zu controliren.

Im Vorstehenden (Seite 335) ist erwähnt, dass Walker (148) die

relative Stärke einiger schwachen Basen dadurch berechnete, dass er den Grad bestimmte, in welchem die Salzsäureverbindungen dieser Basen hydrolytisch dissociirt sind. Bei dieser Untersuchung benutzte Walker eine Methode, die Salzsäure bei Anwesenheit von den fraglichen Basen Methylacetat katalytisch zerlegen zu lassen. Da von Ostwald (151) gezeigt worden ist, dass die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Reaction *ceteris paribus* sehr nahe proportional der zugegebenen Säuremenge pro Volumeneinheit ist, konnte Walker dadurch, dass er diese Reaktionsgeschwindigkeit für die Salzsäure allein (0.02 normal) und die für die Salzsäure auch bei Anwesenheit von bekannter Menge fraglicher Base bestimmte, die Menge freier Säure leicht berechnen, welche zugegen war, wenn keine Zerlegung des Esters mehr stattfand, d. h. wenn sich das Gleichgewicht eingestellt hatte, und also

(Act. Masse Säure)(Act. Masse Base) = (Act. Masse Salz)(Act. Masse Wasser)

oder, weil die Wassermenge als constant angesehen werden kann:

$$\frac{(\text{Salz})}{(\text{Säure})(\text{Base})} = k.$$

Die Geschwindigkeitsconstante  $\left(\frac{1}{t} \log \text{nat} \frac{A}{A-x}\right)$ , worin  $t$  = die Zeit in Minuten,  $x$  = der für Essigsäure berechnete Titer und  $A$  = der Endtiter) der Salzsäure war 0.00315, die nach Zusatz von einem Molekül Harnstoff auf ein Molekül Salzsäure 0.00184. Setzte er diese Werthe in die Gleichung ein, so erhielt er:  $k = \frac{315-184}{(184)^2} = 0.00387$ . Im Mittel fand Walker für die untersuchten Basen:

Base	$k$
Thiazol . . . . .	0.86
Glykokoll . . . . .	0.74
Asparagin . . . . .	0.40
Thiohydantoin . . . . .	0.248
Asparaginsäure . . . . .	0.23
Acetoxim . . . . .	0.161
Harnstoff . . . . .	0.0040
Acetamid . . . . .	0.00079
Propionitril . . . . .	0.00047
Schwefelharnstoff . . . . .	0.00030

Diese Werthe von  $k$  und die entsprechende Grösse der Hydrolyse haben auf 0.02 Normallösung Bezug. Rechnet man einige von den

Werthen in Bezug auf 0.05 *n* Lösung um nach der für nicht zu hohe Hydrolysengrade gültigen Regel, dass die Hydrolyse der Quadratwurzel der Concentration fast proportional ist, so findet man *k* für Glykokoll = 1.86, für Asparagin = 1.01, für Asparaginsäure = 0.588.

Nach meiner vorstehenden Untersuchung ist das Albuminchlorhydrat in 0.05 *n* Lösung wenigstens annähernd zu 17.4 Procent hydrolysirt. Setzen wir diesen Werth in die Gleichung ein, so können wir einen annähernden Vergleich zwischen der Stärke des Albumins als Base und der von Walker untersuchten Basen anstellen. Wir finden

$$k = \frac{315 - 0.174 \times 315}{(0.174 \times 315)^2} = 0.0933,$$

d. h. das Eialbumin ist etwa 20 mal schwächer als Glykokoll, etwa 11 mal schwächer als Asparagin und etwa 6 mal schwächer als Asparaginsäure, dagegen bedeutend stärker als Harnstoff.

Die Frage betreffend das säurebindende Vermögen des Eialbumins ist natürlich mit dieser Untersuchung noch lange nicht beantwortet. Insbesondere müssen die Verbindungen mit Phosphorsäure und anderen schwachen Säuren studirt werden, und zwar wäre es wünschenswerth, wirklich salzfreies Eiweiss dabei benutzen zu können. So viel geht jedoch schon aus dieser Untersuchung hervor, dass das Eialbumin zu Säuren sich wie eine schwache Base verhält; dass die Salze, welche es mit den Mineralsäuren bilden, in bedeutendem Grade — eine 0.05 aequivalent-Normallösung zu etwa 20 Procent — hydrolysirt sind, und dass sein chemisches Aequivalent auf ungefähr 800 geschätzt werden kann.

---

Es war meine Absicht, meine Untersuchung vor ihrer Publication auf mehrere Eiweisskörper auszudehnen. Es ist ja wahrscheinlich, dass Untersuchungen dieser Art, bei welchen die Methoden der physikalischen Chemie zur Anwendung kommen, geeignet sein sollen, unsere Kenntniss von der Natur der Eiweisskörper zu erweitern und uns vielleicht so dem Ziel, zu welchem der Weg lang und mühsam ist, nämlich der Kenntniss der chemischen Constitution derselben, einen Schritt näher zu führen. Leider habe ich bisher nur Gelegenheit gehabt, eine Mischung von Albumosen und ein salzhaltiges Pepton in dieser Beziehung vorbereitend zu untersuchen.

Aus einem im Handel vorkommenden Präparat, „Peptonum siccum e albumine“ (Schuchard), welches hauptsächlich eine salz- und salzsäurehaltige Mischung von Albumosen war, wurde die zu untersuchende

Albumosenlösung dargestellt. Das Präparat, stark sauer, wurde mehrere Male in Wasser gelöst und mit Weingeist gefällt, worunter sich die saure Reaction allmählich verminderte, auf's Neue in Wasser gelöst, mit verdünnter Kalilauge genau neutralisirt und mehrere Tage lang bei  $55^{\circ}$  dialysirt, bis das concentrirte Dialyswasser keine Chlorreaction mehr gab. Die Lösung wurde filtrirt, concentrirt und deren Trockensubstanz und Asche bestimmt. 5<sup>ccm</sup> geben im Mittel von zwei Bestimmungen 0.6286<sup>g</sup> Trockensubstanz, wovon 0.0040<sup>g</sup> Asche; die Lösung enthielt also in 100<sup>ccm</sup> 12.49<sup>g</sup> Albumosen und 0.08<sup>g</sup> Asche. Die verdünnte, mit etwas Kochsalz versetzte Lösung coagulirte nicht im Kochen nach Ansäuerung mit Essigsäure. Die Lösung gab nur eine Trübung nach Zusatz von  $\text{MgSO}_4$  in Substanz, wurde aber von  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  in Substanz vollkommen gefällt: das Filtrat gab keine Biuretreaction.

Auch diese Lösung leitete Elektrizität, obwohl ihres geringeren Salzgehaltes wegen in geringerem Grade als die vorher benutzte Albuminlösung:

Gramm Albumose in 100 <sup>ccm</sup> :	1	2	4	6.25	8.33	9.99	12.49
Spec. Leitfähigkeit							
$\frac{\quad}{10^{-7}}$ :	0.0897	0.1552	0.2505	0.3385	0.3952	0.4249	0.4481

Die Asche von den beiden eben erwähnten Bestimmungen, zusammen 0.008<sup>g</sup>, wurde in 20<sup>ccm</sup> 0.05 *N* HCl gelöst; 100<sup>ccm</sup> von dieser Lösung enthielten also 0.040<sup>g</sup> Salze oder dieselbe Menge, welche sich neben 6.25<sup>g</sup> salzfreier Albumose in 100<sup>ccm</sup> vorfand. Bei der Messung der Leitfähigkeit dieser Lösung ging hervor, dass die molekulare Leitfähigkeit der Salzsäure durch den Salzzusatz von 334.5 bis 313.6 vermindert war. Die Asche enthielt, wie durch besondere Bestimmung ermittelt wurde, Kalk, Phosphorsäure und Schwefelsäure, aber nur Spuren von Chloriden. Quantitative Analyse wurde nicht gemacht; angenommen, dass die quantitative Zusammensetzung die der Albuminasche wäre, so würden also die 0.04<sup>g</sup>  $\frac{31}{85} \times 0.04 = 0.0146^{\text{g}} = 0.00021$  Äquivalente  $\text{CaSO}_4$  und  $\frac{54}{85} \times 0.04 = 0.0254^{\text{g}} = 0.00049$  Äquivalente  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_4$  enthalten und die molekulare Leitfähigkeit der Salzsäure (für 0.05 *N* berechnet) nach dem Aschezusatz sein:

(0.05—0.007)	<i>N</i> HCl	von der Leitfähigkeit	287.6
0.0049	aequ. <i>N</i> $\text{H}_3\text{PO}_4$	„ „ „	1.46
0.0021	„ <i>N</i> $\text{H}_2\text{SO}_4$	„ „ „	9.91
0.0070	„ <i>N</i> $\text{CaCl}_2$	„ „ „	12.32

Die Summe 311.3 zeigt in diesem Falle mit dem gefundenen Werthe 313.6 nicht so gute Uebereinstimmung als bezüglich der Albuminasche, ist jedoch zufriedenstellend.

Zu der fraglichen Albumosenlösung wurde Salzsäure oder Schwefelsäure in solchen Mengen hinzugefügt, dass die Mischung, wenn keine Umsetzung eingetreten wäre, bezüglich der Säure immer 0.05 aequivalent-normal gewesen wäre, dass sie dagegen in Bezug auf Albumose verschiedene Mengen enthielt, und darnach ward die Leitfähigkeit bestimmt, wobei folgende Werthe, welche in Kurve 2, Tafel VII, III und Kurve 4, Tafel VII, II graphisch aufgestellt sind, erhalten wurden:

Gramm Albumose in 100 <sup>cem</sup> :	1	2.01	2.97	3.52	3.95	4.52	5.27
Mol. Leitfähigkeit <sup>1</sup>	{ HCl : 245.7	161.2	94.8	71.37	63.42	59.4	56.61
10 <sup>-7</sup>	{ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 171.1	111.6	65.73	49.9	43.66		37.59

Gramm Album. in 100 <sup>cem</sup> :	5.93	6.78	7.91	9.49
Mol. Leitfähigkeit	{ HCl : 55.0	54.6	54.1	53.5
10 <sup>-7</sup>	{ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :	35.26	34.8	

Wird von den Endwerthen der Curven die Leitfähigkeit der Salze in entsprechender Concentration subtrahirt, so erhalten wir für die Salzsäureverbindung 46.12 und für die Schwefelsäureverbindung 25.4, welche Werthe nach Correction für die Reibung resp. 53.9 und 31.7 werden. Legen wir durch diese Werthe mit der Abscissa parallele Linien und ziehen wir die verticalen Asymptoten aus, so finden wir den Schnidepunkt in den Ordinatenwerthen 3.05 und 3, weshalb das Mitteläquivalent der in der Lösung vorhandenen Albumosen auf 600 oder niedriger als das des Albumins geschätzt werden kann. Dieses Verhältniss stimmt mit der Ansicht überein oder steht wenigstens mit derselben nicht im Widerspruch, dass die Eiweisskörper, welche sich während der Verdauung aus dem nativen Eiweiss bilden, von einer niedrigeren Molekulargrösse sind als die Muttersubstanz, welche Ansicht durch die Bestimmungen der Gefrierpunktserniedrigung der bezw. Substanzen bestätigt worden ist. Bestimmte Schlüsse bezüglich des Molekulargewichtes lassen sich indessen durch meine Messungen natürlich nicht ziehen, denn Molekulargewicht und chemisches Aequivalent sind ja ganz verschiedene Dinge.

Wird die Grösse von der hydrolytischen Dissociation der gebildeten Albumosenverbindungen auf ähnliche Weise als für die Albuminverbindungen dadurch bestimmt, dass man berechnet, wie gross die Leitfähigkeit sein würde, wenn nur die Salze zugegen wären, und wie

<sup>1</sup> Für 0.05 aequivalent-normale Lösung berechnet.

gross, wenn bei Anwesenheit von Albumose keine hydrolytische Disso- ciation zur Geltung kam, und dann zwischen den gefundenen Werthen interpolirt, so finden wir, dass die Hydrolyse der Salzsäureverbindung bei Anwesenheit von 3<sup>s</sup> Albumose in 100<sup>cem</sup> 0.05 n HCl-Lösung 13.6 Procent und die der Schwefelsäureverbindung 16.5 Procent be- trägt. Der höchste Werth der Hydrolyse trifft ein, wenn 2.86<sup>s</sup> Albu- mose in 100<sup>cem</sup> zugegen sind, und beträgt dann 17 bezw. 19 Procent. Wird die Stärke des Albumins als Base mit der der Albumose nach der Regel verglichen, dass die Stärke der Base annähernd dem Qua- drate der Hydrolyse umgekehrt proportional ist, so finden wir, dass Albumin: Albumose sich wie  $(13.6)^3:(17.4)^2$ , d. h. 1:1.63 verhält.

Das zu untersuchende Pepton wurde durch Digestion von gekochtem Fibrin mit Pankreasferment in schwach sodahaltigem Wasser bei 37° hergestellt. Fäulniss wurde durch Zusatz von Thymol verhindert. Nach der Auflösung wurde die Flüssigkeit filtrirt, mit Essigsäure neutralisirt und stark concentrirt. Dann wurde sie einige Tage in Kälte stehen gelassen, worunter eine reichliche Menge Tyrosin nebst Leucin aus- krystallisirte. Die Flüssigkeit wurde mit Hülfe der Wasserstrahlpumpe abgesaugt und mit Weingeist gefällt. Das in zähen Massen typisch fallende Pepton wurde in Wasser gelöst und auf's Neue gefällt, welches Verfahren mehrere Male wiederholt wurde. Da die endlich erhaltene Flüssigkeit besser leitete als die vorher angewandten Albumin- und Albumosenlösungen, obgleich der Aschengehalt kaum grösser war — 100<sup>cem</sup> der Lösung enthielten 9.16<sup>s</sup> Pepton und 0.11<sup>s</sup> Asche —, so war zu vermuthen, dass Ammoniumacetat in nicht unbedeutender Menge dem ausgefällten Pepton anhaftete, was auch aus einer besonderen Untersuchung hervorging. Dieses Salz, dessen Menge ich nicht be- stimmte und betreffs dessen Anwesenheit ich also keine Correction machen kann, hat sich natürlich mit der Salzsäure umgesetzt und macht daher das Resultat unsicher. Ausserdem halte ich die Möglich- keit nicht ausgeschlossen, dass das Präparat durch etwas Tyrosin ver- unreinigt war. Ich theile jedenfalls die Messung mit, weil aus der- selben hervorgeht, was ich hier zunächst erstrebe, nämlich zu zeigen: dass das Pepton ein geringeres Aequivalent hat, als die oben unter- suchten Eiweisskörper.

Die specifische Leitfähigkeit der Peptonlösung war:

Gramm Pepton in 100 <sup>cem</sup> :	1.0	2.0	3.0	4.0	4.99	5.81	6.98
Spec. Leitfähigkeit:	0.526	0.932	1.289	1.654	1.952	2.185	2.474
	$10^{-7}$						
Gramm Pepton in 100 <sup>cem</sup> :	8.0			9.16			
Spec. Leitfähigkeit:				2.684		2.77	
	$10^{-7}$						

Die Mischungen von Pepton und 0.05 n HCl hatten folgende molekulare Leitfähigkeit (für 0.05 n berechnet):

Gramm Pepton in 100 <sup>ccm</sup> :	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Molekulare Leitfähigkeit:	274.8	213.2	146.1	94.97	78.25	78.84	74.77
$10^{-7}$							

Gramm Pepton in 100 <sup>ccm</sup> :	4.0	4.99	5.81	6.98	7.97	9.16	
Molekulare Leitfähigkeit:	77.41	80.92	84.0	87.7	90.8	94.1	
$10^{-7}$							

Die Kurve (Taf. VII, III, Kurve 3) sinkt schnell zu einem Minimumwerth, wonach sie wieder steigt, was auf der verhältnissmässig reichlichen Verunreinigung der Salze beruht. Wird die Leitfähigkeit dieser abgezogen, so sinkt auch diese Kurve asymptotisch auf einen Endwerth. Die drei letzten Werthe, von dem rechten Endpunkt der Kurve gerechnet, werden nach diesem Abzug bezw. 35.0, 36.3 und 37.7 und nach Correction für die Reibung 40.7, 41.2 und 42.2. Die Zahlen 40.7 und 41.2 liegen einander so nahe, dass sicherlich kein grosser Fehler daraus erwüchse,  $40.7 \times 10^{-7}$  als die molekulare Leitfähigkeit des Peptonchlorhydrates in 0.05 n Lösung zu betrachten, welche also kleiner als die der Albumin- und Albumosenverbindungen sein würde.

Dieser Umstand lässt vermuthen, dass entweder das Peptonchlorhydrat in geringerem Grade dissociirt ist, oder dass diese Verbindung mehr complicirt ist. Wird durch den Werth 40.7 eine mit der Abscissa parallele Linie gelegt und die andere Asymptote der Curve ausgezogen, so trifft der Schnidepunkt den Ordinatenwerth 1.25, weshalb das Aequivalent des Peptons auf etwa 250 geschätzt werden muss und also bedeutend geringer ist als das des Albumins und der Albumose.

Versuche, die hydrolytische Dissociation des Peptonchlorhydrates zu bestimmen, sind der relativ bedeutenden Salzverunreinigung wegen noch nicht gemacht, werden aber in Zukunft mit in die Untersuchungen hineingezogen werden.

Die meisten von den bisher von Anderen gemachten Versuche, das säurebindende Vermögen des Eiweisses zu berechnen, gründen sich, wie oben erwähnt, entweder auf die Eigenschaft der freien Salzsäure, gewisse Reagentien zu verändern, oder man hat auch eine salzsäurehaltige Eiweisslösung eingeengt und die zurückbleibende Chlormenge bestimmt, wobei man vorausgesetzt hat, dass die freie Säure sich dabei verflüchtigt. Es schien mir daher von Interesse, nachzusehen, wie die Resultate dieser Bestimmungen mit denen der meinigen übereinstimmen; als „Salzsäurereagentien“ habe ich die von den Klinikern gewöhnlich



benutzten: Congo- und Benzopurpurinpapier, Phloroglucin-Vanillin und Tropäolin 00 angewandt.

Die erste der beiden folgenden Tabellen zeigt, wie die Reactionen mit einer Mischung von 0.05 *n* HCl und Albumin, die zweite, wie sie mit derselben Säuremenge und Albumosen ausgefallen sind.

Gramm Albumin in 100 <sup>cem</sup> :	5.44	4.89	4.35	3.26	2.72
Congo . . . . .	?	schwach	deutlich	stark	stark
Benzopurpurin . . . . .	0	"	"	"	"
Phlorogl.-Vanillin . . . . .	0	0	0	"	"
Tropäolin 00 . . . . .	0	0	0	0	0

Gramm Albumose in 100 <sup>cem</sup> :	5.0	3.75	3.12	2.5
Congo . . . . .	0	schwach	stark	stark
Benzopurpurin . . . . .	0	0	deutlich	"
Phlorogl.-Vanillin . . . . .	0	0	"	"
Tropäolin 00 . . . . .	0	0	?	schwach

Die verschiedenen Reagentien geben, wie wohl bekannt, verschiedene Resultate. Phloroglucin-Vanillin und Benzopurpurin scheinen dem theoretisch neutralen Punkt ziemlich zu entsprechen, während man mit der Congoreaction auch einen Theil der hydrolytisch dissociirten Salzsäure nachweisen kann.<sup>1</sup>

Um zu zeigen, wie die Bestimmung nach dem anderen, von Mizerski und Nencki (siehe oben S. 293) verfolgten Princip, ausfiel, wurden 12.3 <sup>cem</sup> von einer 0.05 *n*. Salzsäurelösung, welche auch 2.5 *g* Albumin in 100 <sup>cem</sup> enthielt, zur Trockne eingengt und etwa 5 Stunden auf dem kochenden Wasserbade stehen gelassen und nach Zusatz von chlorfreier Sodalösung wieder eingengt und verbrannt. Die Kohle wurde mit HNO<sub>3</sub>-haltigem Wasser extrahirt, das Filtrat neutralisirt und nach Mohr mit AgNO<sub>3</sub> titirt, wovon 5.3 <sup>cem</sup> 0.1 *n* Lösung = 0.157 *g* HCl in 100 <sup>cem</sup> verbraucht wurden. Nach der Tabelle auf Seite 344 waren 50 Procent der Salzsäure gebunden, und würden also nur 0.0912 *g* oder, wenn man auch die durch die Hydrolyse freigebundene Säure als gebunden erhielte, 0.114 *g* zurückgeblieben sein. In einem Parallelversuche, bei welchem die Schale 18 Stunden auf dem Wasserbade stehen blieb, wurden 5.05 <sup>cem</sup> 0.1 *n* AgNO<sub>3</sub> = 0.1497 *g* HCl in 100 <sup>cem</sup> verbraucht. Aus diesen beiden einfachen Versuchen geht hervor, dass auch ein Theil der nicht gebundenen Salzsäure bei der Einengung hinterbleibt, welcher bei fortgesetzter Trocknung vermindert

<sup>1</sup> Die im Handel vorkommenden Präparate von Congo und Benzopurpurin zeigen oft sehr ungleiche Empfindlichkeit. Ein eingekauftes Congopapier z. B. reagierte nicht bei Anwesenheit von 3.26 *g* Albumin in 100 <sup>cem</sup>.

wird; die ganze Menge ursprünglich freier Säure hat sich jedoch auch nach Trocknung innerhalb 18 Stunden nicht verflüchtigt. Und man kann sich darüber nicht verwundern: dass nicht die ganze Menge entweicht, ist ja natürlich, denn die Eiweissmoleküle sind der Abdampfung der Salzsäuremoleküle ein mechanisches Hinderniss.

Wird dagegen der Abdampfungsversuch bei Anwesenheit von so viel Eiweiss ausgeführt, dass, practisch gesehen, alle Salzsäure gebunden ist, so findet man in dem Abdampfungsrückstande beinahe die ganze Salzsäuremenge wieder. 20<sup>ccm</sup> von einer 0.05 *n* HCl, welche 5.93 *g* Albumin in 100<sup>ccm</sup> enthielt, wurden zur Trockne eingengt und auch übrigens wie oben behandelt. In zwei Versuchen wurden je 9.8 und 9.75<sup>ccm</sup> 0.1 *n* AgNO<sub>3</sub> = 0.1781 *g* HCl in 100<sup>ccm</sup> verbraucht. Nach der Tabelle würde man 0.1789 *g* erhalten haben.

In einer Mischung von Salzsäure und Albumin, in welcher die Salzsäure sich in Ueberschuss vorfindet, kann man also die freie Salzsäure nicht dadurch berechnen, dass man sie zur Trockne einengt und das Chlor in der Trockensubstanz bestimmt. Die Bestimmungen Mizerski's und Nencki's (76) bringen uns daher keine Kenntniss von der Menge der freien Salzsäure. Hayem und Winter bestimmen „Chlor libre“ nach derselben principiell unrichtigen Methode, weshalb ihre Salzsäurebestimmungsmethode auch aus diesem Grunde zu vermeiden ist (siehe auch S. 329).

Nicht nur in gelöstem Zustande bindet das Eiweiss Säure; auch wenn es in Wasser suspendirt ist, zieht es, so zu sagen, die Säure an. Indessen habe ich bisher nur einige wenige quantitative Bestimmungen betreffs der Grösse seines säurebindenden Vermögens angestellt und dazu coagulirtes Eialbumin benutzt.

Das Weisse von Hühnereiern wurde nach Verdünnung mit etwas Wasser mit MgSO<sub>4</sub> in Substanz gefällt, beinahe frei von SO<sub>3</sub> dialysirt und dann coagulirt. Das Coagulum wurde mehrere Male mit Wasser ausgekocht, bis das concentrirte Waschwasser mit BaCl<sub>2</sub> keine Fällung mehr gab, dann ausgepresst, mit Alkohol und Aether extrahirt, getrocknet und pulverisirt.

Zu 100<sup>ccm</sup> von einer 0.1 (Nr. 1), einer 0.05 (Nr. 2) und einer 0.025 (Nr. 3) Normal-Salzsäurelösung wurden je 2 *g* von dem eben erwähnten Präparat zugesetzt, wonach alle drei Mischungen 5 Minuten lang geschüttelt und dann filtrirt wurden. 20<sup>ccm</sup> von Nr. 1 forderten zur Neutralisation im Mittel (5.7, 5.6 und 5.7) 5.7<sup>ccm</sup> 0.1 aequ. *n* Baryt anstatt berechneter 20<sup>ccm</sup>: 71.5 Procent von der Säure waren

also an das Eiweiss gebunden. — 20<sup>ccm</sup> von Nr. 2 forderten im Mittel (1.7 und 1.7) 1.7<sup>ccm</sup>: 83 Procent waren gebunden. — 20<sup>ccm</sup> von Nr. 3 forderten im Mittel (0.45 und 0.5) 0.47<sup>ccm</sup>: 90.6 Procent waren gebunden.

Auf ähnliche Weise zeigte sich, dass das Eiweiss von der Schwefelsäure in denselben Concentrationen (für Aequivalente gerechnet) resp. 72.4, 83.1 und 92 Procent band. Also eine Uebereinstimmung bezügl. der quantitativen Verhältnisse zwischen den beiden Säuren, welche zu ausführlichen Versuchen aufmuntert. Von Wasser wird, wie zu erwarten, diese Verbindung hydrolytisch dissociirt und lässt sich daher wieder frei von Säure waschen.

Auf Grund dieser Versuche kann ich der Ansicht von v. Pfungen (151), v. Jaksch (102) u. A. beitreten, dass man zur Bestimmung der Acidität und des Salzsäuregehaltes in einem Mageninhalt principieell nur unfiltrirte Mageninhalt anwenden soll. (Siehe S. 308.)

Eine Frage, welche sich mir im Laufe der Untersuchung unabweisbar aufgedrängt hat, ist natürlich die: wie verhält sich das Eiweiss den Basen gegenüber? A priori ist es nach der gegenwärtigen Auffassung von der Constitution desselben wahrscheinlich, dass es sich Basen gegenüber als Säure verhalten wird. Ich habe indessen in dieser Beziehung bis jetzt nur einige Vorversuche anstellen können, und geht aus diesen schon hervor, dass obige Vermuthung die richtige ist.

### III. Studien über die Reactionsgeschwindigkeit der Pepsindigestion, und den Grad, in welchem einige andere Säuren die Salzsäure bei der Pepsindigestion ersetzen.

Die Mittheilungen im folgenden Abschnitt beziehen sich auf Digestionsversuche, welche ich zur Erforschung der Reactionsgeschwindigkeit bei Pepsindigestion und des Grades, wie verschiedene Säuren einander bei derselben ersetzen können, angestellt habe, wie auf die dabei gewonnenen Resultate.

Um ein reines eiweiss- und salzfreies Pepsinpräparat herzustellen, habe ich wesentlich wie Sundberg (152) verfahren, jedoch mit dem Unterschied, dass ich dabei von einem im Handel vorkommenden Präparat, „Pepsinum concentratum Engelstedt“ ausgegangen bin. 100<sup>g</sup> von diesem Präparat wurden in 0.3 Procent HCl gelöst und bei 37° eine Woche lang digerirt, wobei mehr Salzsäure zugesetzt wurde, wenn

die Congoreaction aufhörte. Die Lösung wurde von abgespaltenem Nuclein abfiltrirt, mit  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{CaCl}_2$  und so viel Ammoniak gefällt, dass die Lösung noch schwach sauer war. Die Fällung wurde abfiltrirt, das Filtrat mit  $\text{HCl}$  sauer gemacht und noch zweimal gefällt, worauf die vereinigten Fällungen durch Schlemmung in Wasser und Centrifugirung gewaschen wurden, bis das Waschwasser keine Chlorreaction mehr gab. Die Fällung wurde darnach in 5 Procent Essigsäure geschlemmt und gegen schwach essigsaures Wasser dialysirt, wobei nach und nach Essigsäure zum Dialyseninhalte zugesetzt wurde; allmählich löste sich dabei das Calciumphosphat auf. Die Dialyse wurde fortgesetzt, bis das Dialysat nach Concentrirung keine Reaction auf Kalk gab; nun wurde filtrirt, bei  $40^\circ$  etwas concentrirt, zu 300 <sup>ccm</sup> verdünnt und mit etwas Thymol versetzt. Die so erhaltene Pepsinlösung gab weder Heller's Reaction, noch Millon's Reaction, noch die Biuretreaction. Nach Neutralisirung und Zusatz von etwas Neutralsalz gab sie mit Weingeist keine flockige Fällung, nur eine Trübung. Die Flüssigkeit war bezüglich ihrer Acidität eine 0.0044 aequ. Normallösung. Die Menge der organischen nichtflüchtigen Substanz betrug in 100 <sup>ccm</sup> 0.067 % und die Asche 0.008 %. Trotz dieser geringen Substanzmenge digerirte die Flüssigkeit coagulirtes Albumin vortrefflich. (Bei Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl gaben 10 <sup>ccm</sup> so viel Ammoniak, als sich in 0.92 <sup>ccm</sup> einer 0.1 aequ. *n* Lösung findet, und 100 <sup>ccm</sup> gaben folglich 0.01288 % Stickstoff. Angenommen, dass die Lösung nur eine organische Substanz enthielt, würde also diese Substanz 19 Procent Stickstoff enthalten haben; die absoluten Zahlen sind jedoch klein und diese Bestimmung also sehr unsicher.)

Als Digestionsmaterial habe ich coagulirtes Eialbumin, hergestellt wie auf Seite 353 angegeben ist, in Pulverform benutzt, dessen Aschengehalt, auf Trockensubstanz, 0.1 Procent betrug.

Gegen die Digestionsversuche, welche mit coagulirtem, in Würfeln oder Scheiben geschnittenem Eiweiss angestellt werden, kann man mit Recht bemerken, dass die pepsinhaltige Säure nicht von Anfang an mit der ganzen Eiweissmenge in Berührung kommt; auf die inneren Theile der Stückchen wird erst eingewirkt, wenn die äusseren Schichten gelöst werden, oder wenn Pepsin und Säure in sie hinein diffundiren. Dass indessen die verschiedenen pepsinhaltigen Säuren dabei gleich schnell diffundiren, haben wir kein Recht vorauszusetzen; es ist im Gegentheil höchst wahrscheinlich, dass in dieser Beziehung ein Unterschied vorherrscht, wodurch die gefundenen Resultate mit einander nicht vollkommen vergleichbar sind. Weil das zu digerirende Eiweiss bei meinen Versuchen pulverförmig gewesen ist, fällt ihnen gegenüber

eine solche Bemerkung weg: die Digestion hat in einem so viel als möglich „homogenen Aequilibrium“ stattgefunden.

Von Wichtigkeit ist es ausserdem, dass die Digestionsproben sich in stetiger Bewegung befinden. Wird das Digestionsgefäss nämlich einfach in den Thermostaten gebracht, so sinkt das Eiweiss zu Boden, die unteren Schichten werden an Verdauungsproducten reich, und die oberen können ihre verdauende Wirkung erst dann ausüben, wenn Vermischung durch Diffusion eingetreten ist; diese Diffusion aber geschieht langsam. In meinen Versuchen habe ich daher die Digestionsgefässe — mit gut paraffinirten Stöpseln versehene Fläschchen — auf einer im Thermostaten befindlichen, horizontalen Axe befestigt gehabt, welche durch Auswechselung von einem kleinen Wassermotor in stetiger Bewegung gehalten wurde; die Flaschen waren vollkommen unter Wasser, und die kleine Vorrichtung functionirte gleichzeitig als Umrührer. Die Temperatur war während des ganzen Versuches  $37^{\circ}$  mit Variationen von höchstens  $\pm 0.15^{\circ}$ .

Um dem Verlauf der Digestion folgen zu können, habe ich zu bestimmten Zeiten kleine Proben aus den Fläschchen genommen und dabei so verfahren, dass das Fläschchen schnell abgetrocknet und geschüttelt wurde, wonach etwa 10 <sup>ccm</sup> von dem gleichförmigen Inhalt, bestehend aus Flüssigkeit und noch undigeritem Eiweiss, in eine eisgekühlte Eprouvette hineingegossen wurde. Die Eprouvette wurde sogleich in Eiswasser gesetzt, die Flasche wieder gestöpselt und unmittelbar in den Thermostaten gebracht. Die ganze Manipulation hat kaum mehr als eine halbe Minute gedauert.

Versuche, durch Filtrirung den herausgenommenen Proben ein klares, für Stickstoffbestimmung nach Kjellldahl geeignetes Filtrat zu erhalten, misslangen vollkommen. Auch war eine im Laboratorium befindliche Centrifuge von etwa 1200 Umläufen in der Minute für diesen Zweck nicht anwendbar. Nachdem ich aber von dem Director für die Actiengesellschaft Separator, Herrn Bernström, in freundlichster Weise die Erlaubniss erhalten hatte, einen mit Turbindynamo getriebenen de Lavall's Laktokriten zu benutzen, gelang es leicht, durch eine zehn Minuten lange Centrifugirung mit 10 000 Umläufen in der Minute eine nur opalescirende Flüssigkeit ohne Spuren von suspendirten Partikeln zu erhalten: das ungelöste Eiweiss lag wie ein fester Kuchen auf dem Boden der Röhren. Während der Centrifugirung waren die Röhren von eisgekühltem Wasser umgeben. Von dem Augenblick an, als die Proben aus dem Thermostaten genommen wurden, bis zum Aufhören der Centrifugirung — welche übrigens so schnell wie möglich ausgeführt wurde — hatten sie also kaum höhere Temperatur

als 0° angenommen, wodurch Nachdigestion so viel als möglich ausgeschlossen wurde (Flaum 153). 5<sup>ccm</sup> von der Flüssigkeit wurden in Bezug auf Stickstoff nach Kjeldahl (Willfarth's Modification) bestimmt. Die nach Correction für Stickstoff in Pepsin und Reagens zur Bindung des entwickelten Ammoniaks verbrauchte Anzahl Cubikcentimeter 0.1 aequ.  $n$   $H_2SO_4$  sind tabellarisirt worden. (Bei der Titrirung habe ich etwa 0.05 aequ.  $n$  Barytlösung und Lackmoid als Indicator benutzt.)

Als erste Aufgabe bei diesen Digestionsversuchen stellte ich mir die, den Digestionsprocess in einigen Fällen, wo die Pepsinmenge wechselte, die Salzsäure- und Eiweissmenge aber constant war, von Stufe zu Stufe zu verfolgen — exacte Untersuchungen dieser Art sind nämlich, soviel ich weiss, nicht gemacht — und ich wählte dabei die Concentration 0.05 normal HCl und 2 % Eiweiss in 100<sup>ccm</sup>. Nach vollständiger Lösung des Eiweisses wurden im Mittel 10.4<sup>ccm</sup> 0.1 aequ.  $n$   $H_2SO_4$  verbraucht, um die aus 5<sup>ccm</sup> entwickelte Ammoniakmenge zu neutralisiren.

Die verschiedenen Digestionsflüssigkeiten wurden hergestellt durch Zusammenmischung von:

Nr. 1	50 <sup>ccm</sup>	0.1 $n$ HCl +	2.5 <sup>ccm</sup>	Pepsinlösung	+ 47.5 <sup>ccm</sup>	Wasser
„ 2	50 „	„ „ +	5.0 „	„	+ 45.0 „	„
„ 8	50 „	„ „ +	10.0 „	„	+ 40.0 „	„
„ 4	50 „	„ „ +	20.0 „	„	+ 30.0 „	„

Diese Lösungen wurden auf 37° erwärmt, dann 2 % von dem Eiweisspräparate, genau abgewogen, zugesetzt, die Fläschchen gestöpselt, kräftig geschüttelt und unmittelbar darauf in den eben beschriebenen Thermostaten hineingesetzt. Proben wurden unter Beobachtung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln nach 2, 4, 6, 8, 14, 20, 31 und 48 Stunden entnommen, centrifugirt, und in 5<sup>ccm</sup> davon nach Kjeldahl-Willfarth der Stickstoff bestimmt; in folgender Tabelle sind die verbrauchten Cubikcentimeter 0.1 aequ.  $n$   $H_2SO_4$  aufgestellt.

Gegen die Versuchsanordnung kann vielleicht bemerkt werden, dass der Essigsäuregehalt der Pepsinlösung nicht mit in Rechnung genommen ist, weshalb theils der Titer nicht genau 0.05 normal ist und theils die Essigsäure zur Digestion beiträgt. Weil indessen der Säuregrad der Pepsinlösung gering (0.0044  $n$ ) war und 100<sup>ccm</sup> von einer 0.05  $n$  Essigsäure, nach Zusatz von Pepsin und 2 % Eiweiss, nach fünf Tagen, wie aus einem besonderen Versuche hervorging, nur so viel Eiweiss gelöst hatte, dass das aus 5<sup>ccm</sup> entwickelte Ammoniak zu

seiner Neutralisation 0.5 <sup>ccm</sup> 0.1 aequ.  $n$   $H_2SO_4$  verbrauchte, so kann eine solche Bemerkung als bedeutungslos übergangen werden:

Pepsin-concentration <sup>1</sup>	2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	14 St.	20 St.	31 St.	48 St.
0.5	3.16	4.05	4.62	5.08	6.50	7.60	8.83	10.38
1.0	4.12	5.16	6.01		8.18	9.06	9.99	10.47
2.0	5.28	6.77		8.28	9.86			10.42
4.0	7.00	8.37	9.19	9.69		10.38	10.43	

In Tafel VIII, IV, Kurven 1—4, ist diese Tabelle graphisch aufgestellt. Da der Verlauf der Kurven im Allgemeinen sehr regelmässig ist, habe ich Werthe für zwischenliegende, nicht direct beobachtete Zeiten aus denselben entnommen und solchermassen folgende Tabelle erhalten, in welcher die nicht direct observirten Werthe in Klammer gestellt sind:

Pepsin-Concentration	1 St.	2 St.	3 St.	4 St.	5 St.	6 St.	7 St.	8 St.	10 St.	12 St.	14 St.	16 St.	20 St.
0.5	(2.25)	3.16	(3.65)	4.05	(4.40)	4.62	(5.00)	5.08	(5.67)	(6.10)	6.50	(6.90)	7.60
1.0	(3.20)	4.12	(4.75)	5.16	(5.67)	6.01	(6.42)	6.70	(7.25)	(7.75)	8.18	(8.55)	9.05
2.0	(4.00)	5.28	(6.10)	6.77	(7.25)	(7.67)	(8.05)	8.28	(8.95)	(9.95)	9.86		
4.0	(5.65)	7.00	(7.80)	8.37	(8.85)	9.19	(9.50)	9.69					

Aus dieser Tabelle geht mit aller wünschenswerther Klarheit hervor, dass z. B. die Pepsinquantität 4, unter den Verhältnissen, unter welchen der Versuch ausgeführt worden, in zwei Stunden ebenso viel Eiweiss gelöst hat als die Quantität 2 in vier, die Quantität 1 in acht, die Quantität  $\frac{1}{2}$  in sechzehn u. s. w., wodurch also mit Zahlenwerthen die Regel für die Pepsindigestion bestätigt wird, welche schon Brücke (113) als annähernd gültig erklären konnte. Brücke fand nämlich, wie anerkannt ist, dass eine Fibrinflocke zu ihrer Lösung von Salzsäure bei Anwesenheit von Pepsin innerhalb gewisser Grenzen annähernd doppelt so lange Zeit brauchte, als wenn die Pepsinmenge doppelt so gross war. Ein Blick auf die Kurven zeigt indessen sogleich, dass der Process in Bezug auf die ersten Zeitmomente von dieser Regel abweicht: von dem Nullwerth steigen die Kurven viel schneller als nachher, woraus schon a priori geschlossen werden kann, dass der

<sup>1</sup> Für die Concentration: 5 <sup>ccm</sup> Pepsinlösung in 100 <sup>ccm</sup> ist 1 gesetzt.

Digestionsprocess sich aus zwei Phasen zusammensetzt, welche je für sich behandelt werden müssen. Bestimmungen aus der ersten Phase fehlen, weshalb von diesem Theil der Curven natürlich nichts mit irgend welcher Sicherheit gesagt werden kann. Bei dem weiteren Verlauf der Curven liegen dagegen die Bestimmungen hinlänglich nahe aneinander, und zeigen die Curven eine solche Regelmässigkeit, dass die Wahrscheinlichkeit vorlag, eine Formel für die Reactionsgeschwindigkeit aus denselben berechnen zu können. Bei dieser Berechnung habe ich mich der gütigen Unterstützung des Herrn Doctor Svante Arrhenius zu erfreuen gehabt.

Für jede Pepsinconcentration ist eine reducirte Zeitkurve (Concentration  $\times$  Zeit) berechnet, und von den vier solchermassen erhaltenen Curven ist ein Mittelwerth genommen, welcher der Berechnung zu Grunde gelegt worden ist. Die Pepsinmenge 5<sup>cem</sup> in 100<sup>cem</sup> ist gleich 1 gesetzt. Die auf den Seiten 360 und 361 stehende Tabelle giebt das Resultat an.

Die direct gefundenen Differenzen, welche die Digestionsgeschwindigkeit in der Zeiteinheit, 1 Stunde, bei Anwesenheit von der Pepsin-einheit angeben, sind in einer Kurve graphisch wiedergegeben worden, welche Kurve dann ausgeglichen worden ist; die durch diese Ausgleichung erhaltenen Differenzen findet man unter „Differenz (berechn.)“ wieder. Angenommen, dass diese Differenzen wirklich gefunden wären, so hätte man also die unter „Mittel (berechn.)“ stehenden Durchschnittszahlen erhalten. Wie ersichtlich, weichen diese berechneten Mittel sehr wenig von den beobachteten ab und können daher anstatt der letzten bei der Berechnung benutzt werden.

Lassen wir also die Geschwindigkeit während der ersten zwei Stunden ausser Sicht, so wird die Geschwindigkeit (d. h. die in einer Stunde gelöste Menge) während der ersten darnach folgenden Stunde 0.66, während der zweiten 0.55 u. s. w., die noch zu lösende Menge ist nach der ersten Stunde  $10.40 - \frac{4.08 + 4.74}{2} = 5.99$  u. s. w. Folgende Tabelle zeigt die Geschwindigkeit und die noch zu lösende Menge:

Zeit . . . .	2.5	3.5	5	7	9	11	14	18	22	27	35
Geschwindigkeit	0.66	0.525	0.425	0.35	0.277	0.222	0.175	0.13	0.095	0.060	0.042
Rest . . . .	5.99	5.40	4.68	3.89	3.26	2.77	2.20	1.59	1.14	0.77	0.34

Es zeigt sich nun, dass der Reactionsverlauf der Pepsindigestion



Pepsinconcentration $\times$ Zeit:		1	2	3	4
Bestimmung Nr. 1, Pepsinconcentration = $\frac{1}{2}$		(3.16)	4.05	4.70	5.20
" " 2, " = 1			4.12	4.74	5.25
" " 3, " = 2					5.27
" " 4, " = 4					
Mittel . . . . .		(3.16)	4.08	4.72	5.24
Differenz . . . . .		(0.92)	0.64	0.52	
Differenz (berechnet) . . . . .		(0.92)	0.66	0.525	
Mittel (berechnet) . . . . .		(3.16)	4.08	4.74	5.26

während der zweiten Phase sich durch folgende Gleichung ausdrücken lässt:

$$\frac{dx}{dt} = \text{const. } P (10.40 - x),$$

worin  $x$  umgesetzte Eiweissmenge,  $t$  Zeit in Stunden,  $P$  relative Pepsinquantität und 10.40 die zu lösende Eiweissmenge ist. Wird diese Gleichung integriert, so erhalten wir

$$-\log_{\text{nat}} (10.4 - x) = 0.0924 P.t + A$$

(die Constante erhält man dadurch, dass man die Mittelgeschwindigkeit mit der Mittelquantität noch zu lösenden Eiweisses dividirt:

$$\frac{2.96}{32.03} = 0.0924) \text{ und}$$

$$\log (10.40 - x) - \log (10.40 - x_0) = \frac{0.0924}{2.3025} P(t_0 - t).$$

Setzen wir nämlich in der letzten Gleichung  $x_0 = 4.08$  und  $t_0 = 2$  und berechnen  $x$ , so finden wir:

	1	2	3	4	6	8	10	12	16	20	30	40
Gefunden . .	(3.16)	4.08	4.72	5.24	6.10	6.84	7.38	7.84	8.54	8.94	9.39	9.85
Berechnet . .	(3.44)	4.08	4.64	5.15	6.04	6.77	7.39	7.90	8.67	9.21	9.58	9.43

Die Zahlen zeigen eine Uebereinstimmung, welche als zufriedenstellend angesehen werden kann und daher berechtigt, die angeführte Gleichung als einen Ausdruck für den Reactionsverlauf der zweiten Phase der Pepsindigestion unter diesen Versuchsverhältnissen anzusehen, und dass also die Umsetzung der noch umzusetzenden Menge proportional ist. Es kann nicht geleugnet werden, dass dies von hohem Interesse ist, um so eher, als die katalytische Zerlegung des Rohrzuckers derselben Regel folgt. Ausdrücklich muss ich hervorheben,

6	8	10	12	16	20	24	30	40
6.10	6.87	7.60	8.12	8.92				
6.07	6.72	7.25	7.76	8.50	9.01	9.45	9.95	
6.12	6.77	7.24	7.67	8.40	8.95	9.45	10.00	
	7.00	7.40	7.80	8.35	8.85	9.19	9.60	
6.10	6.84	7.38	7.84	8.54	8.94	9.89	9.85	10.40
0.43	0.37	0.27	0.23	0.175	0.100	0.107	0.077	0.055
0.425	0.35	0.277	0.222	0.175	0.130	0.095	0.06	0.042
6.15	6.85	7.41	7.85	8.55	9.07	9.45	9.81	10.30

dass diese Regel vielleicht nicht manifest gemacht werden kann, wenn die Säuremenge so vermindert oder die Eiweissmenge so vermehrt ist, dass die Säure vollkommen von Eiweiss gebunden wird. Versuche in dieser Beziehung habe ich auch angestellt; die Verhältnisse erscheinen mir jedoch complicirt, und ich sehe mich daher veranlasst, diese Versuche noch nicht zu veröffentlichen.

1885 wurde von Schütz (154) eine Methode publicirt, relative Pepsinmengen zu bestimmen, welche sich auf eine Beobachtung von Schütz gründete, dass die bei der Pepsindigestion gebildete Peptonmenge, wenn der Salzsäuregehalt 2 bis 3 pro Mille und die zu digerierende Eiweissmenge 1 g gelöstes Albumin in 100 <sup>ccm</sup> war, der Quadratwurzel der Pepsinmengen proportional war, eine Beobachtung, welche keine grössere Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Nach achtzehnstündiger Digestion fällte Schütz mit  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  die Eiweisskörper aus, welche von diesem Reagens gefällt werden, und bestimmte polaristrobrometisch die zurückbleibende linksdrehende Substanz, welche für Pepton gehalten wurde. Er fand nun, dass die Drehung der Quadratwurzel der relativen Pepsinmengen proportional war. Das Resultat meiner Untersuchung scheint gegen diese Angabe von Schütz zu streiten, braucht dies aber nicht zu thun, denn ich habe mit coagulirtem Albumin gearbeitet und, was davon gelöst ist, tabellarisirt; Schütz aber hat gelöstes Albumin digerirt und nur zu einem Theil der Digestionsproducte Rücksicht genommen. Aus dem Verlauf meiner Kurven geht unzweideutig hervor, dass zwei verschiedene Phasen zur Geltung kommen, und von diesen haben wir bisher nur die zweite discutirt. Aus dem vorliegenden Material lassen sich keine bestimmten Schlüsse auf die erste Phase machen, denn die Bestimmungen fehlen. Wenn wir indessen auch den ersten Theil als observirt ansehen, was vielleicht der Regelmässigkeit der Kurven wegen als zulässig angesehen werden kann, so finden wir hier eine Andeutung dazu, dass

die Digestionsgeschwindigkeit der Wurzel aus den Pepsinconcentrationen proportional ist. Nehmen wir nämlich aus den erwähnten Kurven die während der ersten halben Stunde und der ersten Stunde gelöste Eiweissmenge, so finden wir:

Pepsin-Concentration	0.5 St.	1 St.
$\frac{1}{2}$	1.4	2.25
1	2.1	3.15
2	2.85	4.00
4	4.00	5.10

Werden die Zahlen mit der Quadratwurzel aus der Pepsinconcentration dividirt, so erhalten wir für die erste halbe Stunde 1.98, 2.10, 2.01 und 2.00 und für die erste Stunde 3.18, 3.15, 2.84 und 2.55. Wäre vollkommene Proportionalität vorhanden, so würden die Zahlen in jeder Reihe constant sein, und eine Andeutung dazu findet wirklich statt. Natürlich ist hiermit kein Beweis geliefert; wird indessen diese Andeutung mit dem Resultate, welches bei Digestion von gelöstem Eiweiss erhalten wurde und (Seite 365) angeführt werden wird, so gewinnt der Umstand an Interesse und fordert zu fortgesetzten Untersuchungen auf.

Aus zahlreichen Untersuchungen neuerer Zeit (Ostwald, Arrhenius u. m. A.) geht hervor, dass die Inversion des Rohrzuckers als eine spezifische Wirkung der Wasserstoffionen zu betrachten ist, und dass die verschiedene Einwirkung, welche die Säuren bei dieser Reaction ausüben, ihrem Gehalt an Wasserstoffionen oder mit anderen Worten ihrem Dissociationsgrad proportional ist. Stellte ich diese Thatsache mit meiner Beobachtung zusammen, dass der Reactionsverlauf der Pepsindigestion während einer gewissen Phase derselbe ist, als der der Rohrzuckerinversion, so erschien es mir von noch grösserem Interesse nachzusehen, ob die verschiedenen Säuren auch bei der Pepsindigestion einander nach Dissociationsgraden ersetzen können, eine Untersuchung, welche ich noch geplant und auch schon begonnen hatte, ehe ich noch die Untersuchungen Hoffmann's kannte.

Hoffmann fand, wie oben (Seite 304) erwähnt, dass die von ihm untersuchten Säuren bezüglich ihrer proteolytischen Wirkung in eine Serie geordnet werden können, welche mit der nach ihrem Dissociationsgrad geordneten zusammenfiel, dass aber die Schwefelsäure eine Ausnahme machte; die quantitativen Verhältnisse wichen dagegen sehr von den berechneten ab.

Die Säuren, welche ich in dieser Hinsicht untersucht habe, sind:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  und Milchsäure. Hoffmann und Andere, welche die Wirkungen der Säuren untersucht, haben die Digestion nach einer gewissen Zeit unterbrochen, dann auf die eine oder andere Weise bestimmt, wie weit die Digestion bis zu diesem Moment fortgeschritten ist und solchermassen ein Verhältniss zwischen den Wirkungen der Säuren erhalten. Da es indessen a priori durchaus nicht sicher ist, dass dieses Verhältniss während des ganzen Digestionsprocesses constant und die Wahl der Zeit für die Unterbrechung daher etwas willkürlich ist, habe ich es besser gefunden, auch in diesem Falle die Digestion stufenweise zu verfolgen.

Die Versuchsanordnung war also dieselbe, wie ich sie oben erwähnt habe. Die Concentration der zu prüfenden Säuren war 0.05 aequivalent-normal, mit Ausnahme für die der Phosphorsäure, welche 0.05 molekular-normal war, weil ihre Ionen  $\text{H}$  und  $\text{H}_2\text{PO}_4$  sind ( $\text{H}_2\text{PO}_4$  ist nur in einem sehr geringen Grade dissociirt); die Pepsinmenge war 20<sup>ccm</sup> Pepsinlösung in 100<sup>ccm</sup> und die Eiweissquantität 2<sup>g</sup> Trockensubstanz in 100<sup>ccm</sup>. Proben wurden unter Beobachtung oben erwähnter Vorsichtsmassregeln herausgenommen und centrifugirt, und in 5<sup>ccm</sup> der Stickstoff bestimmt. Die Zahlen in untenstehender Tabelle geben die zur Neutralisation des entwickelten Ammoniaks verbrauchte Anzahl Cubikcentimeter 0.1 aequ.  $\text{n H}_2\text{SO}_4$  an.

	Zeit in Stunden												
	0.5	1	2	4	6	8	12	18	24	30	36	48	60
HCl	4.07		6.93	8.41	9.33	10.01	10.41						
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			1.02		2.03		3.17	3.97	4.77		5.63	6.66	7.06
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		4.77		7.12		8.46	9.51	10.32					
La							0.83			1.8		2.30	2.77

Die Kurven 1—4, Taf. VIII, V, zeigen das Resultat in graphischer Darstellung.

In folgender Tabelle wird angegeben, in welchem Verhältniss die verschiedenen Säuren nach verschiedenen Zeitmomenten Eiweiss gelöst haben; die von  $\text{HCl}$  gelöste Menge ist auf 1000 geschätzt. Unter „Hoffmann“ wird das von diesem Forscher gefundene Verhältniss (die Concentration der Säuren in seinem Versuch war 0.1 molekular normal), und unter „Berechnet“ das Verhältniss zwischen den aus der Leitfähigkeit berechneten Dissociationsgraden der 0.05 normalen Säuren aufgenommen.

	Zeit in Stunden					Hoffmann	Berechnet
	1	2	4	6	8		
HCl	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(101)	147	190	218	245	250	671
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	875	856	846	843	846	670	387
La	(18.4)	25.9	35.7	50.4	57.5	90	52.6

Die Ordnungsreihe der Säuren ist also dieselbe, welche Hoffmann gefunden; die quantitativen Verhältnisse sind jedoch abweichend, was sich vielleicht aus den verschiedenen Concentrationen und der verschiedenen Versuchsanordnung erklären lässt.

Das Resultat entsprach also nicht der Voraussetzung, von welcher ich ausging, und wenn man auch, wie Hoffmann, die Abweichung der Schwefelsäure durch eine spezifische Einwirkung auf das Eiweiss, zu Folge welcher dies sich mit einer schmierigen Belegung, die jede weitere Einwirkung verhindert, umgiebt, zu erklären sucht, so bieten die quantitativen Verhältnisse zwischen Salzsäure und Phosphorsäure allzu grosse Abweichungen vom Berechneten. Obgleich die Untersuchung also nicht geeignet ist, eine Behauptung, dass die verschiedenen Säuren einander bei der Pepsindigestion nach ihrem Dissociationsgrade ersetzen, zu stützen, so scheint es mir doch wünschenswerth, dass dieser Gedanke nicht verworfen wird. Es ist ja nicht unmöglich, dass die Nebenreactionen, welche sich vielleicht in der Lösung mit den negativen Ionen abspielen, und die Verbindungen, welche dabei entstehen, den Dissociationsgrad der verschiedenen Säuren und also auch ihre Wirkungen in verschiedenem Grade verändern können.

Im zweiten Abschnitte dieses Aufsatzes ist gezeigt worden, dass die Verbindung, welche eine Säure mit Albumin und die, welche sie mit Albumose eingeht, verschiedene Leitfähigkeit haben. Da auch das gelöste Albumin von Säure + Pepsin transformirt wird, wobei auch Albumosen gebildet werden, so schien es mir wahrscheinlich, dass man, wenn die Veränderung in der Leitfähigkeit der Digestionsflüssigkeit während des Fortschreitens der Digestion verfolgt würde, ein Mittel zur Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit erhalten könnte.

Von dem in dem erwähnten Abschnitt benutzten Albuminpräparat wurde eine Lösung hergestellt, deren Albumingehalt durch Abdampfung, Trocknen zum constanten Gewicht, Veräscherung und Wägung der Asche bestimmt wurde. Von dieser Lösung wurden durch Zusatz von Salzsäure- und Pepsinlösung vier Flüssigkeiten bereitet, von welchen jede eine 0.05 *n* Salzsäure war und 2.23% Albumin in 100<sup>ccm</sup>, aber verschiedene Mengen Pepsin enthielt und zwar Nr. 1 2.5<sup>ccm</sup>, Nr. 2 5, Nr. 3 10 und Nr. 4 20<sup>ccm</sup> Pepsinlösung in 100<sup>ccm</sup> Flüssigkeit. Dabei wurde so verfahren, dass aus Büretten die berechnete Menge Salzsäure- und Albuminlösung direct in die Digestionsfläschchen gegossen und die Mischung auf 37° erwärmt wurde; wenn diese Temperatur erreicht war, wurde die berechnete Menge Pepsinlösung zugesetzt, die Fläschchen gut gestöpselt und in einen mit automatischem Umrührer nach Ostwald's Vorschlag versehenen Thermostaten hineingesenkt. Die Temperatur war während des Versuches  $37^{\circ} \pm 0.1$ . Nach gewissen Momenten wurden kleine Proben herausgenommen, schnell auf 18° abgekühlt und deren Leitfähigkeit bei dieser Temperatur bestimmt. In besonderen Proben wurde die Leitfähigkeit zur Zeit 0 bestimmt; die verschiedenen Pepsinmengen riefen keine merkbare Verminderung der Leitfähigkeit hervor.

In umstehender Tabelle giebt die erste Colonne ( $\mu$ ) unter jedem Zeitmoment die molekuläre Leitfähigkeit (für 0.05 *n* berechnet) an, die zweite die Verminderung derselben ( $188.4 - \mu = \Delta$ ), und die dritte erhält man, wenn man  $10 \times \Delta$  mit der Quadratwurzel aus der entsprechenden relativen Pepsinconcentration dividirt. Ist die Verminderung der Leitfähigkeit der Quadratwurzel proportional, so muss also diese Colonne eine constante Zahl zeigen. Die Verminderung ist in den Kurven 5—8 Tafel VIII, IV graphisch dargestellt.

(Siehe die Tabelle Seite 366 und 367.)

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Verminderung während der ersten zwei Stunden unzweideutig der Quadratwurzel aus der Pepsinconcentration proportional ist, welche Proportionalität auch nach vier und sechs Stunden verspürt werden kann, wonach sie aufhört: die Geschwindigkeit wird eine andere.

Aus den Untersuchungen mit coagulirtem Albumin, in welchen die Salzsäure- und Pepsinmenge dieselbe und die Eiweissmenge ungefähr dieselbe als hier war, ging hervor, dass der Digestionsprocess aus zwei Phasen zusammengesetzt war, von welchen die erste eine Andeutung zeigte, der Wurzel aus der Pepsinconcentration proportional zu sein, die andere aber einer anderen Regel folgte. In diesem Versuch

	Zeit in													
	0		0.5		1		2		4					
	$\mu$	$\mu$	$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$	$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$	$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$	$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$
Nr. 1, Pepsin-Concentrat. = $\frac{1}{2}$	188.4							177.3	11.1	157	171.1	17.3	245	167.4
Nr. 2, Pepsin-Concentrat. = 1	188.4				178.2	10.2	102	172.8	15.6	156	164.7	23.7	237	158.5
Nr. 3, Pepsin-Concentrat. = 2	188.4	179.2	9.2	65	174.2	14.2	100	165.9	22.5	160	154.8	33.6	237	148.6
Nr. 4, Pepsin-Concentrat. = 4	188.4	176.0	12.4	62	167.8	20.6	103	157.9	30.3	153	144.5	43.9	220	137.5

mit gelöstem Albumin zeigt der Process gleichfalls zwei verschiedene Phasen, von welchen die erste eine Reaktionsgeschwindigkeit hat, die der Wurzel proportional ist. Es kann nicht verneint werden, dass dieser Befund von grossem Interesse ist; ich darf jedoch noch keine weitgehenden Schlüsse ziehen, weil die Untersuchungen nur eine einzige Säure- und Eiweissconcentration betreffen und die physikalisch-chemischen Eigenschaften der bei der Digestion gebildeten Eiweisskörper wenig gekannt sind. Der Befund zeigt indessen, dass die Beobachtung von Schütz Aufmerksamkeit verdient und zu fortgesetzten Untersuchungen auffordert.

Schon ohne Pepsinzusatz wird die Leitfähigkeit der Mischung durch die Einwirkung der Säure vermindert; auf diese Verminderung, welche jedoch bedeutend geringer (nach 12 Stunden 9 Einheiten) ist, brauchte ich bei der Berechnung natürlich nicht Rücksicht zu nehmen, weil sie von der Verminderung bei Anwesenheit von Pepsin vollkommen gedeckt wird.

Nachdem ich also gefunden hatte, dass die Veränderungen in der Leitfähigkeit der Digestionsflüssigkeit dazu benutzt werden konnten, den Verlauf des Digestionsprocesses zu studiren, machte ich einige vergleichende Versuche mit gelöstem Albumin und verschiedenen Säuren. Die untersuchten Säuren waren  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , alle 0.05 aequ. normal mit Ausnahme der Phosphorsäure, welche auch hier 0.05 molekular normal gewählt wurde. Die Flüssigkeiten, welche 2.23 % Albumin und 20  $\text{cm}^3$  von der Pepsinlösung in 100  $\text{cm}^3$  enthielten, wurden in den Thermostaten gesetzt und ihre Leitfähigkeit nach verschiedenen Zeitmomenten bestimmt. In folgender Tabelle ist das Resultat gegeben. In der ersten Colonne unter jedem Zeitmoment wird die molekulare

## Stunden

6	9				12		20		32		48		50		96	
$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$	$\Delta$	$\frac{10\Delta}{\sqrt{P}}$	$\mu$	$\Delta$	$\mu$	$\Delta$	$\mu$	$\Delta$	$\mu$	$\Delta$	$\mu$	$\Delta$	$\mu$	$\Delta$
21.0	297	163.1	25.3	358	159.9	28.5	152.9	35.5	146.2	42.2			139.0	49.4	127.9	60.5
28.9	289	153.5	34.9	349	149.4	39.0	141.0	47.4	133.1	55.3			125.4	63.0	114.4	74.0
40.4	286	140.8	47.6	337	138.1	52.3	125.7	62.7			113.1	75.3			101.8	86.6
51.2	256	180.1	58.8	292	125.8	62.6	117.3	71.0	109.8	78.6	102.3	86.1			91.2	97.2

Leitfähigkeit (für 0.05  $n$  berechnet) angegeben, in der zweiten die Verminderung derselben in Procent von der ursprünglichen.

	Zeit in Stunden											
	0		1		2		4		6		12	
	$\mu$	$\mu$	$\Delta$ in %	$\mu$	$\Delta$ in %	$\mu$	$\Delta$ in %	$\mu$	$\Delta$ in %	$\mu$	$\Delta$ in %	
HCl	188.4	167.8	10.9	157.9	16.2	144.5	23.3	137.2	27.2	125.8	33.2	
HNO <sub>3</sub>	180.1	164.9	8.44	157.5	12.6	148.4	17.6	142.6	20.8	131.9	26.8	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	128.3	116.2	9.43	109.9	14.3	102.7	19.9	96.8	24.6	88.1	31.3	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	62.8	58.4	7.01	56.3	10.4	53.7	14.5	52.3	16.7	49.5	21.2	

Die procentische Verminderung, mit 3 multiplicirt, ist in den Kurven 5—8 Tafel VIII, V graphisch dargestellt.

Schätzen wir die procentische Verminderung der Salzsäure auf 1000, so finden wir die der übrigen Säuren in untenstehender Tabelle. Unter „Berechnet“ werden die relativen Dissociationsgrade der Säuren angegeben:

	Zeit in Stunden					Berechnet
	1	2	4	6	12	
HCl	1000	1000	1000	1000	1000	1000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	863	884	856	903	943	671
HNO <sub>3</sub>	772	775	755	766	805	995
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	641	639	622	615	637	387



In dieser Versuchsanordnung kommt die Schwefelsäure vor der Phosphorsäure, die Salpetersäure aber nach der Schwefelsäure. Die quantitativen Verhältnisse sind ausserdem vom Berechneten sehr abweichend, was die Annahme, dass die Säuren bei der Pepsindigestion einander nach ihrem Dissociationsgrad ersetzen, auch nicht unterstützt. Bezüglich der Versuchsanordnung muss jedoch auch hier dieselbe Reservation wie oben gemacht werden.

---

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor K. A. H. Mörner, welcher mir bereitwilligst in dem chemischen Laboratorium des Karolinischen Institutes Gelegenheit zur Ausführung dieser Untersuchungen bereitet hat und meiner Arbeit mit grossem Interesse gefolgt ist, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Nicht weniger verpflichtet bin ich Herrn Dr. Svante Arrhenius, unter dessen persönlicher Leitung ich das Glück gehabt habe, mich in hierhergehörige Untersuchungsmethoden einzuarbeiten, und dessen werthvolle Rathschläge auch dieser meiner Arbeit oft zu Gute gekommen sind.

---

## Litteratur.

- 1.\* Cit. nach Haller, *Element. Physiol.* Tom VI, S. 140 u. folg.
2. Du Verney, *Hist. de l'acad. royal. des scienc.* T. II, S. 23.
- 3.\* Viridet, *Tract. nov. med.-phys.* etc. Genevae 1692. p. 224. Cit. nach Tiedemann u. Gmelin (18.) I, S. 145.
- 4.\* Cit. nach Haller l. c.
5. Réaumur, *Mem. de l'acad. royal. des scienc.* 1752. S. 266 u. 461.
6. Spallanzani, *Expér. sur la digestion*, trad. par Senebrier. Genevae 1784.
7. Carminati, *Untersuchungen über die Natur und den verschiedenen Gebrauch des Magensaftes.* Wien 1785.
8. Brugnatelli, Versuch einer chemischen Zerlegung der Magensaftes. *Crell's Annal.* 1786. Bd. I, Abth. 4, S. 69.
9. Brugnatelli, *Ibid* Bd. II, S. 230.
10. Treviranus, *Biologie oder Philosophie der lebend. Natur.* Bd. IV, S. 358.
11. Dumas, *Principes de Physiologie.* T. I, S. 278.
- 12.\* Montègre, *Expér. sur la digest. dans l'homme.* Paris 1814. Cit. nach Burdach, *Die Physiologie* etc. Bd. V, S. 434.
13. Tiedemann und Gmelin, *Die Verdauung nach Versuchen.* Heidelberg u. Leipzig 1826.
14. Leuret et Lassaigne, *Recherch. physiol. et chim. pour servir à l'histoire de la digest.* Paris 1825.
15. Beaumont, *Neue Versuche und Beobachtungen über die Physiologie der Verdauung.* Leipzig 1834.
16. Berzelius, *Lehrbuch der Chemie.* Dresden u. Leipzig 1840. Bd. IX, S. 209.
- 17.\* Schultz, De aliment. concoct. exper. nov., Ref. in *Schmidt's Jahrbüchern.* Bd. V, S. 99.
18. Carson, Ueber Verdauung. *Schmidt's Jahrbücher.* Bd. VI, S. 7.
19. Prout, *Philosoph. transact.* 1824. Bd. I, S. 45 und *Annals of philosophy.* 1826. Bd. XII, S. 405.
20. Children, On the nature of the free Acid, eject. from the hum. Stomach in Dyspepsia. *Annal. of philosoph.* 1824. S. 68.
21. Braconnot, *Annal. de Chimie.* 1835. T. 59, S. 348.
22. Blondlot, Recherches sur les phenom. de la digest. et specil. sur la composit. du suc gastr. *Compt. rend.* 1843. S. 513 und *Traité analytique de la digestion.* Paris 1843.
23. Melsens, Recherches sur l'acidité du suc gastrique. *Compt. rend.* 1844. S. 1289.
24. Claude-Bernard et Bahreswill, Sur les phenom. chimiques de la digest. *Compt. rend.* 1844, S. 1284 und 1845, S. 88.

---

<sup>1</sup> Die mit \* bezeichneten Arbeiten sind im Original dem Verfasser nicht zugänglich gewesen.

25. Thomson, Ueber die Veränderungen, welche vegetabilische Nahrung und Fett während der Verdauung erleiden. *Annal. der Chemie und Pharm.* 1845. Bd. LIV, S. 209.
26. Bouchardat et Sandras, Recherches sur la digest. *Annal. de Chim. et de Phys.* 1842. S. 478.
27. Lassaigne, *Journal de Chem. medicale.* 1844. S. 78 u. 183.
28. Lehman, Einige Beobachtungen über die saure Reaction des Magensaftes. *Journ. f. pract. Chemie.* 1848. Bd. XL, S. 137.
- 29.\* Heintz, *Jenaische Annal. f. Physiol. u. Chemie.* 1849, S. 222, Cit. nach Szabo (52) S. 155.
30. Poulet, Nouvelles recherches expér. sur les principes acid. du suc gastrique. *Arch. de physiol.* Ser. 4, T. II, S. 201.
31. Bidder u. C. Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel.* Mitau u. Leipzig 1852.
32. C. Schmidt, Ueber die Constit. des menschlichen Magensaftes. *Annal. der Chem. u. Pharm.* 1854. Bd. XVI, S. 42.
33. Brücke, Studien über die Kohlenhydrate und über die Art etc. *Sitzungs-Bericht der Wiener Akad.* 1872. Bd. LXV, Abth. III, S. 126.
34. Maly, Untersuchungen über die Quelle der Magensaftsäure. *Annal. der Chemie.* 1874. Bd. CLXXIII, S. 227.
35. Miller, Ueber Gährungsvorgänge im Verdauungstractus und die dabei theiligten Spaltpilze. *Deutsch. med. Wochenschr.* 1885. S. 843.
36. Hüppe, Ueber die Zersetzungen der Milch und die biologischen Grundlagen der Gährungsphysiologie. *Ibd.* 1884. S. 777 u. 796.
37. Abelous, *Recherches sur les microbes de l'estomac*, Thèse. Montpellier 1888. S. 39.
38. Cohn, Ueber die Einwirkung des künstl. Magensaftes auf die Essig- und Milchsäuregährung. *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1889. Bd. XIV, S. 75.  
Hirschfeld, Ueber die Einwirkung des künstl. Magensaftes auf die Essig- und Milchsäuregährung. *Pflüger's Arch.* Bd. XLVII, S. 510.
39. Uffelmann, Ueber die Methoden der Untersuchung des Mageninhaltes auf freie Säuren. *Deutsch. Arch. f. kl. Med.* Bd. XXVI. S. 431.
- 40.\* Kietz, *Zur Lehre von der Verdauung im Magen.* In.-Diss. Erlangen 1881. Ref. in *Maly's Jahresber.* Bd. XI, S. 276.
- 41.\* Rothschild, *Untersuchungen über das Verhältniss der Salzsäure des Magensaftes etc.* In.-Diss. Mannheim 1886. Ref. *Ibidem.* Bd. XVI, S. 245.
42. Cahn und v. Mering, Die Säuren des gesunden und kranken Magens. *Deutsch. Arch. f. kl. Med.* Bd. XXXIX, S. 233.
43. Ewald und Boas, Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Verdauung. *Virchow's Arch.* Bd. CI, S. 325 und Bd. CIV, S. 271.
44. Rosenheim, Beiträge zur Methode der Salzsäurebestimmung im Mageninhalt. *Deutsche med. Wochenschr.* 1891. S. 1323.  
— Ueber Magensäure bei Amylacenkost. *Virchow's Arch.* Bd. CXI, S. 414.
45. Leo, *Diagnostik der Krankheiten der Verdauungsorgane.* Berlin 1890. S. 107.
46. Boas, Eine neue Methode der qual. und quant. Milchsäurebestimmung im Mageninhalt. *Deutsche med. Wochenschr.* 1893, Nr. 39.  
— Ueber das Vorkommen und die diagnostische Bedeutung der Milchsäure im Mageninhalt. *Münch. med. Wochenschr.* 1893, Nr. 43.  
— Ueber das Vorkommen von Milchsäure im gesunden und kranken Magen

nebst Bemerkungen zur Klinik des Magen-Carcinoms. *Zeitschr. f. kl. Med.* Bd. XXV, S. 285.

47. Martius und Lüttke, *Die Magensäure des Menschen.* Stuttgart 1892.
48. Beoch, The acidity of gastr. juice. *Journ. of Anat. and Physiol.* Vol. VIII. sec. Ser. Nr. XIV, S. 274.
49. C. Schmidt, Ueber das Wesen des Verdauungsprocesses. *Annal. der Chem. u. Pharmac.* 1847. Bd. LXI, S. 311.
50. Mulder, *Versuch einer allgemein. physiolog. Chemie.* Braunschweig 1851.
51. Laborde, Nouvelles recherc. sur l'acide libre du suc gastr. *Gazette med. de Paris.* 1874, S. 399 und 411.
52. Szabo, Beiträge zur Kenntniss der freien Säure des menschlichen Magensaftes. *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1877. Bd. I, S. 140.
53. Eberle, *Physiologie der Verdauung nach Versuchen auf natürlichem und künstlichem Wege.* Würzburg 1838.
54. Ebstein und v. Braun, Experim. Beiträge zur Physiologie der Magendrüs. *Pflüger's Arch.* 1870. Bd. III, S. 565.
55. Richet, Des propriétés chim. et physiol. du suc gastr. chez l'homme et les animaux. *Journ. de l'anatom. et de la physiol.* 1878. Bd. XIV, S. 170.
56. Ewald, Ueber den Coëff. de partage und über das Vorkommen von Milchsäure und Leucin im Magen. *Virchow's Arch.* 1882. Bd. XC, S. 333.
57. Richet, De la dialyse de l'acide du suc gastrique. *Compt. rend.* 1884. T. XCVIII, S. 682.
58. van den Velden, Ueber Vorkommen und Mangel der freien Salzsäure im Magensaft bei Gastrektasie. *Deutsch. Arch. f. kl. Med.* 1879. Bd. XXIII, S. 369.
59. Ewald, Ueber das angebliche Fehlen der freien Salzsäure im Magensaft. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1880. Bd. I, S. 619.
60. Van den Velden, *Deutsch. Arch. f. kl. Med.* 1880. Bd. XXVII, S. 186.
61. Danilewsky, Ueber die Anwendung einiger Azofarbstoffe f. physiologisch-chemische Zwecke. *Centralbl. f. die med. Wissensch.* 1880. S. 929.
62. Johnsson, On certain Compounds of Albumin with Acids. *Journ. of chem. Soc.* 1874. Ser. II, Coll. XII, S. 734.
63. Rollet, Ueber die als Acidalbum. und Alkalialbum. bezeichneten Eiweissderivate. *Sitz.-Ber. der Wiener Akad.* 1881. Bd. LXXXIV, Abth. III. S. 332.
64. Herth, Untersuchungen über die Hemialbumose oder das Propepton. *Ibidem.* 1884. Bd. XC, S. 10.
65. Honigmann u. v. Noorden, Ueber das Verhalten der Salzsäure im carcinomat. Magen. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1887. Bd. XIII, S. 87.
66. Klemperer, Zur chemischen Diagnose der Magenkrankheiten. *Ibidem.* 1888. Bd. XIV, S. 147.
67. Köster, Om metoder att bestämma närv. af saltsyra etc. *Upsala Läk.-förförhandl.* 1885. Bd. XX, S. 355.
68. Moritz, Die Verdeckung der Salzsäure des Magensaftes durch Eiweisskörper. *Deutsch. Arch. f. kl. Med.* 1889. Bd. XLIV, S. 277.
- 69.\* Sansoni u. Molinari, Studi sulla reazioni etc. *Annal. di chim. e di farmacol.* 1889. Ser. 4a, S. 58. Ref. in *Maly's Jahresber.* Bd. XIX, S. 251.

70. Seemann, Ueber das Vorhandensein freier Salzsäure im Magen. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1882. Bd. V, S. 272.
71. Mintz, Eine einfache Methode zur quantitativen Bestimmung der freien Salzsäure. *Wien. kl. Wochenschr.* 1889. S. 20.
- 71b. Mintz, Ueber die Winter-Hayem'sche Methode etc. *Deutsch. med. Wochenschrift.* 1891. S. 1397.
72. Schäffer, Ueber den Werth der Farbstoffreactionen auf freie Salzsäure im Mageninhalt. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1888. Bd. XV, S. 162.
73. Salkowski, Ueber den Begriff der freien und gebundenen Salzsäure im Magensaft. *Virchow's Arch.* 1890. Bd. CXXII, S. 235.
74. Fawizky, Ueber den Nachweis und die quantitative Bestimmung der Salzsäure im Magensaft. *Virchow's Arch.* 1891. Bd. CXXIII, S. 292.
75. Blum, *Experimentaluntersuchung über die Salzsäurebindung bei künstl. Verdauung.* In-Diss. Frankfurt a. M. 1889.  
— Ueber die Salzsäurebindung bei künstlicher Verdauung. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1892. Bd. XXI, S. 558.
76. Mizerski et Nencki, Revue critique des procédés employés pour le dosage de l'acide chlorhydr. du suc gastr. *Archiv de sciences biologiques*, publ. p. l'inst. impér. de méd. expér. à St. Petersburg. 1892. T. I, No. 1 et 2, S. 558.
77. Sansoni, Beitrag zur Kenntniss des Verhaltens der Salzsäure etc. *Berl. kl. Wochenschr.* 1892. S. 1043 u. 1084.
78. Honingmann, Epikrit. Bemerk. zur Deutung des Salzsäurebefundes im Mageninhalt. *Berl. kl. Wochenschr.* 1893. S. 351 u. 381.
79. Rosenheim, Untersuchung über Bindung der Salzsäure etc. *Centralbl. f. kl. Med.* 1891. S. 729.
80. Hoffmann, Die Bindung der Salzsäure im Magensaft. *Ibidem.* 1891. S. 793.
81. Salkowski, Ueber die Bindung der Salzsäure durch Amidosäuren. *Virchow's Arch.* 1892. Bd. CXXVII, S. 501.
82. Mathiew, Recherches sur la digest. stomach. *Revue de méd.* 1889. T. IX, S. 708.
83. Boas, Kritische Bemerkungen zum Salzsäurenachweis im Mageninhalt. *Centralbl. f. kl. Med.* 1890. S. 943.
84. Tschlenoff, Acidität und Verdauung. *Corresp.-Blatt f. Schweizer Aerzte.* Bd. XXI, S. 681.
85. Kossler, Beiträge zur Methodik der quantitativen Salzsäurebestimmung im Mageninhalt. *Zeitschr. f. physiol. Chem.* 1892. Bd. XVII, S. 91.
86. Rabuteau, Méth. general pour la recherche des acides libres dans les expert. méd. légales. *Gazette med. de Paris.* 1874. S. 118.
87. Rabuteau, Recherches sur le suc gastr. *Compt. rend.* 1875. T. LXXX, S. 61.
88. Sjöqvist, En ny metod att bestämma mängden fri saltsyra i maginnehåll. *Hygäa* 1888, S. 509 und *Zeitschr. f. physiol. Chem.* 1889. Bd. XIII, S. 1.
89. C. Th. Mörner, Enkel metod till undersökande af ventrikelnas saltsyraaf-söndrande förmåga. *Uppsala Läk. för. förhandl.* 1889. Bd. XXIV, S. 483.
- 90.\* Braun, Cit. nach Leo (92) S. 113.
91. Leo, Eine neue Methode zur Säurebestimmung im Mageninhalt. *Centralbl. f. d. med. Wissensch.* 1889. S. 481.
92. Leo, *Diagnostik der Krankheiten der Verdauungsorgane.* Berlin 1890.
93. Günzburg, Eine neue Methode zum Nachweis freier Salzsäure im Mageninhalt. *Centralbl. f. kl. Med.* 1887. S. 737.

94. Boas, Beitrag zur Methodik der quantitativen Salzsäurebestimmung des Mageninhaltes. *Centralbl. f. kl. Med.* 1891. S. 32.
95. Hoffmann, Erkennung und Bestimmung der Salzsäure im Magensaft. *Ibidem.* 1889. S. 798.
- 95b.\* Hoffmann, Ueber quantitative Salzsäurebestimmung im Magensaft. *Verhandl. d. internat. med. Congr.* 1890. Abth. V. Ref. in *Maly's Jahresber.* Bd. XXI, S. 219.
96. Jolles, Eine neue quantitative Methode zur Bestimmung der freien Salzsäure des Magensaftes. *Wiener med. Presse.* 1890. Nr. 51.
97. Toepfer, Eine Methode zur titrimetr. Bestimmung der hauptsächlichsten Factoren der Magenacidität. *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 104.
98. Hayem et Winter, *Du chimisme stomacal.* Paris 1891.
99. v. Jaksch, *Sitz.-Ber. der Wiener Akad.* 3. Mai 1889. Bd. XCVIII, S. 211.
100. Katz, Eine Modification des Sjöqvist'schen Verfahrens der Salzsäurebestimmung im Magensaft. *Wiener med. Wochenschr.* 1890. Nr. 51.
101. Bourget, Nouveau procédé, pour la recherche et la dosage de l'acide chlorhydrique dans la liquide stomacal. *Arch. de med. exper.* 1889. S. 444.
102. v. Jaksch, Beiträge zur Kenntniss der Salzsäuresecret. des verdauenden Magens. *Zeitschr. f. kl. Med.* 1890. Bd. XVII, S. 383.
103. Meyer, *Ueber die neueren und neuesten Methoden des qual. und quant. Nachweises freier Salzsäure im Mageninhalt.* In.-Diss. Berlin 1890.
104. Rosenheim, Beiträge zur Methode der Salzsäurebestimmung im Mageninhalt. *Deutsch. med. Wochenschr.* 1891. S. 1323.
105. Hoffmann, Weitere Bemerkungen über Salzsäure im Mageninhalt. *Centralbl. f. kl. Med.* 1890. S. 521.
- 107.\* Graffenberger, Beiträge zur quant. Bestimmung der freien Salzsäure im Magensaft. *Landw. Versuchst., Ref. in Maly's Jahresber.* Bd. XXI, S. 206.
108. Leubuscher u. Ziehen, *Klinische Untersuchungen über die Salzsäureabscheidung des Magens bei Geisteskranken.* Jena 1892.
109. Bondzynski, Ueber die Sjöqvist'sche Methode zur Bestimmung der freien Salzsäure im Magensaft. *Zeitschr. f. analyt. Chem.* 1893. Bd. XXXII, S. 266.
110. Biernacki, Ueber den Werth von einigen neueren Methoden der Mageninhaltsuntersuchungen etc. *Centralbl. f. kl. Med.* 1892. S. 409.
111. Leo, Beobachtungen zur Säurebestimmung im Mageninhalt. *Deutsch. med. Wochenschr.* 1891. Nr. 41.
112. Blondlot, Nouvelles recherches chim. sur la nature et l'origine du princip acide etc. *Compt. rend.* 1851. T. XXXIII, 2, S. 118.
113. Brücke, Beiträge zur Lehre von der Verdauung. *Sitz.-Ber. der Wiener Akad.* 1859. Bd. XXXVII, S. 131.
- 114.\* Boudault, Memoire sur la pepsine. *Journ. de méd. de Bruzelles.* 1856. Cit. nach Brücke (118) S. 153.
- 114b. Lussana, Du princip acidifiant du suc gastrique. *Journ. de la physiol.* 1862. T. V, S. 282.
115. Contejean, Sur le suc gastrique et sur la digest. pepsique de l'album. *Arch. de physiol.* 1892. Ser. V. T. IV, S. 259.
116. *Gazette med. de Paris.* 1874. S. 117.
117. Maly, Untersuchungen über die Mittel zur Säurebildung im Organismus. *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1877. Bd. I, S. 174.

118. Landwehr, Die Entstehung der freien Salzsäure des Magensaftes. *Centralbl. f. die med. Wissensch.* 1886. S. 337.
119. Liebermann, Studien über die chemischen Prozesse in der Magenschleimhaut. *Pflüger's Arch.* Bd. I, S. 25.
120. Lehman, Ueber einige den Verdauungsprocess betreffende quant. Verhältnisse. *Ber. der Sächs. Akad.* 1849.
121. Donders, *Physiologie des Menschen.* Leipzig 1856. S. 220.
122. Meissner, Untersuchung über die Verdauung der Eiweisskörper. *Zeitschr. f. rat. Med.* 1858. 3. Folge. Bd. VII, S. 1.
123. Davidson u. Dieterich, Zur Theorie der Magenverdauung. *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1860. S. 688.
- 124.\* Petit, Études sur les ferments digest. *Journ. de thérap. Août.* 1880. Ref. in *Virchow-Hirsch's Jahresber.* Bd. XV, S. 492.
125. Mayer, Einige Bedingungen der Pepsinwirkung, quant. studirt. *Zeitschr. f. Biologie.* 1881. Bd. XVII, S. 351.
126. Putzey, De l'influence de l'iode et du bromure de potassium sur la digest. stomacale. *Bull. de l'acad. royal de med. Belgique.* T. XI, S. 213.
127. Thoyer, Contrib. à l'étude de la valeur digest. des acides. *Compt. rend. de la société de Biologie.* 1891. T. XLIII, S. 1.
- 128.\* Ferranini, La proteolisi etc. *Riforma med.* 1889, Nr. 196—199. Ref. in *Centralbl. f. kl. Med.* 1890. S. 196.
129. Hoffmann, Ueber Säurewirkung bei der Pepsinverdauung. *Schmidt's Jahrbücher.* 1892. Nr. 223, S. 268.
130. Hübner, Ueber den Einfluss der Halogensäuren auf die Pepsinverdauung. *Fortschr. der Med.* 1894. S. 164.
131. Hahn, Ueber die Einwirkung verschiedener Säuren bei der Pepsinverdauung. *Virchow's Arch.* 1894. Bd. CXXXVII, S. 597.
132. Ralfe, *Lancet.* 1874. II, S. 29.
133. Hager, *Commentar zum Arzneibuch für das deutsche Reich*, 3. Ausgabe. Berlin 1891. Bd. II, S. 709.
- 133b.\* Stutzer, Versuche über die Einwirkung verschiedener organischer Säuren etc. *Landw. Versuchsst.* Bd. XXXVIII, S. 257. Ref. in *Maly's Jahresber.* Bd. XX, S. 244.
134. Zulkowsky, Ueber eine jodometrische Bestimmung der Chromsäure. *Journ. f. pract. Chemie.* 1868. Bd. CIII, S. 351.
135. Fresenius, Ueber die Trennung des Baryts von Strontian. *Zeitschr. f. analyt. Chemie.* 1890. Bd. XXIX, S. 413.  
— Ueber die Trennung des Baryts von Kalk. *Ibidem.* 1891. Bd. XXX, S. 18.
136. Topf, Jodometrische Studien. *Ibidem.* Bd. XXVI, S. 137 u. 277.
137. Rosenheim, Ueber das Vorkommen von Ammoniak im Mageninhalt. *Centralbl. f. kl. Med.* 1892. S. 817.
138. Strauss, Ueber das Vorkommen von Ammoniak im Mageninhalt etc. *Berl. kl. Wochenschr.* 1893. S. 398.  
— Zur Frage des chronischen Magensaftflusses etc. *Ibidem.* 1894. Nr. 41, 42 u. 43.
139. Guldberg og Waage, *Forhandl. i Videnskabselskabet i Christiania.* 1864. S. 35 und *Journ. f. pract. Chemie.* 1879. Neue Folge. Bd. XIX, S. 69.
140. van't Hoff, Une propriété générale de la matière diluée. *Svenska Vet. Akads. Handl.* 1886. Bd. XXI, S. 43.





## Erklärung der Kurven.

(Taf. VII u. VIII.)

Taf. VII, I. Kurve 1:	0.05 n HCl + KOH	{ Die Ordinatenwerthe ergeben die Anzahl Grammmoleküle KOH oder NH <sub>3</sub> in 1 Liter der Mischung.
„ 2:	0.05 n HCl + NH <sub>3</sub>	
„ 3:	0.05 n HCl + Rohrzucker	{ Die Ordinatenwerthe ergeben Gramm Zucker oder Albumin in 100 <sup>cem</sup> .
„ 4:	0.05 n NaCl + Albumin	
„ 5:	0.05 n HCl + Albumin	
„ 6:	0.025 n HCl + Albumin	

Die Abscissenwerthe, mit  $10^{-7}$  multiplicirt, stellen die molekulare Leitfähigkeit (für 0.05 n berechnet) der Mischung dar.

Taf. VII, II. Kurve 1:	0.05 aequ. n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Albumin.
„ 2:	0.05 „ HNO <sub>3</sub> + Albumin.
„ 3:	0.05 mol. n H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + Albumin.
„ 4:	0.05 aequ. n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Albumose.

Die Ordinatenwerthe ergeben Gramm Albumin oder Albumose in 100<sup>cem</sup> der Mischung und die Abscissenwerthe, mit  $10^{-7}$  multiplicirt, die molekulare Leitfähigkeit (für 0.05 n berechnet) der Mischung.

Taf. VII, III. Kurve 1:	0.05 n HCl + Albumin.
„ 2:	0.05 n HCl + Albumose.
„ 3:	0.05 n HCl + Pepton.

Die Ordinatenwerthe ergeben Gramm Albumin, Albumose oder Pepton in 100<sup>cem</sup> der Mischung. Die Abscissenwerthe haben dieselbe Bedeutung wie in II und III.

Taf. VIII, IV. Kurve 1:	2.0 <sup>g</sup> coagul. Album. + 0.05 n HCl + Pepsin-Concentr. $\frac{1}{2}$	
„ 2:	„ „ „ + „ „ + „	1
„ 3:	„ „ „ + „ „ + „	2
„ 4:	„ „ „ + „ „ + „	4

Die Ordinatenwerthe der Kurven 1 bis 4 mit 10 dividirt ergeben die Anzahl Cubikcentimeter 0.1 aequ. norm. Säure, welche zur Neutralisirung des aus 5<sup>cem</sup> entwickelten Ammoniaks verbraucht sind (siehe S. 358).

Kurve 5:	2.23 <sup>g</sup> gelöstes Album. + 0.05 n HCl + Pepsin-Concentr. $\frac{1}{2}$	
„ 6:	„ „ „ + „ „ + „	1
„ 7:	„ „ „ + „ „ + „	2
„ 8:	„ „ „ + „ „ + „	4

Die Ordinatenwerthe der Kurven 5 bis 8 ergeben die Verminderung der mol. Leitfähigkeit (siehe S. 365).

Die Abscissenwerthe der Kurven 1 bis 8 ergeben die Digestionszeit in Stunden.

Taf. VIII, V. Kurve 1:	2.0 <sup>g</sup> coagul. Album. + 0.05 n HCl	+ Pepsin-Conc. 4
„ 2:	„ „ „ + 0.05 mol. n H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	+ „ 4
„ 3:	„ „ „ + 0.05 aequ. n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	+ „ 4
„ 4:	„ „ „ + 0.05 n $\overline{\text{La}}$	+ „ 4

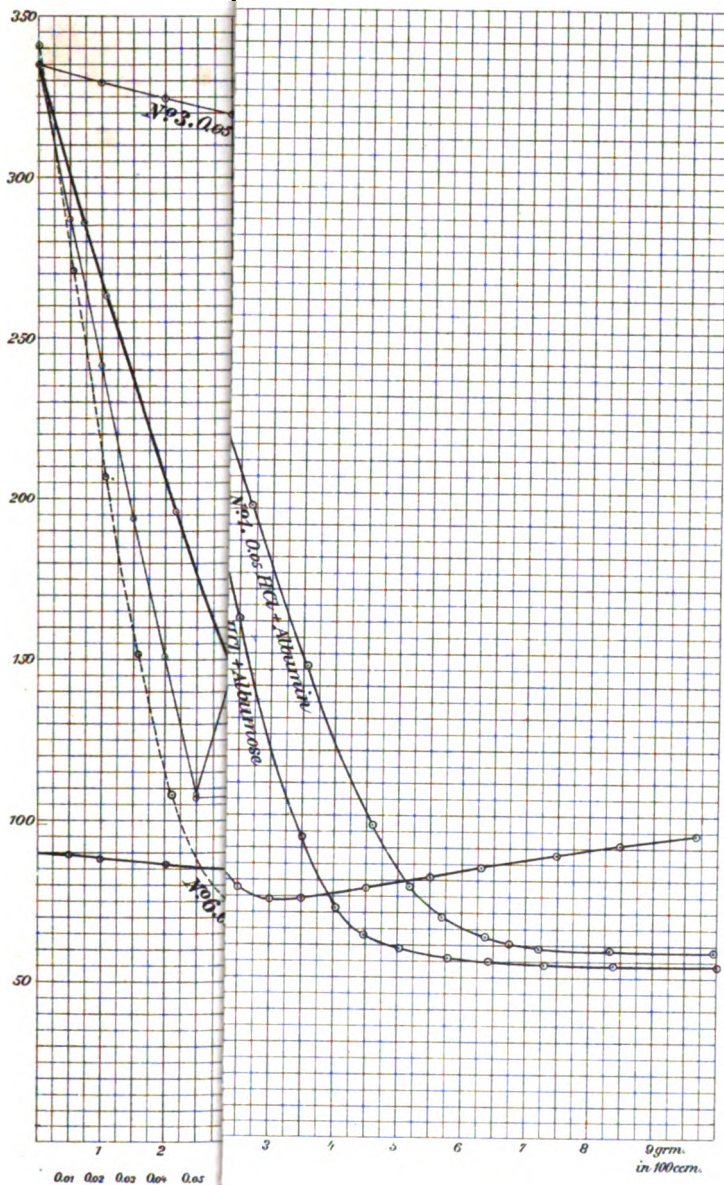
Die Ordinatenwerthe der Kurven 1 bis 4 haben dieselben Werthe wie Tafel VIII, IV, Kurven 1 bis 4 (siehe S. 363).

Kurve 5:	2.23 <sup>g</sup> gelöst. Album. + 0.05 n HCl	+ Pepsin-Conc. 4
„ 6:	„ „ „ + 0.05 mol. n H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	+ „ 4
„ 7:	„ „ „ + 0.05 aequ. n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	+ „ 4
„ 8:	„ „ „ + 0.05 n $\overline{\text{La}}$	+ „ 4

Die Ordinatenwerthe mit 3 dividirt ergeben die procentige Verminderung der mol. Leitfähigkeit der resp. Säuren (siehe S. 367).

Die Abscissenwerthe der Kurven 1 bis 8 ergeben die Digestionszeit in Stunden.

II.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig



# Die osmotische Spannung des Blutes.<sup>1</sup>

Von

S. G. Hedén.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Lund.)

Früher habe ich in zwei Aufsätzen über den Einfluss von Salzlösungen auf das Volumen der rothen Blutkörperchen<sup>2</sup> gezeigt, dass die Volumveränderungen, welche die Blutkörperchen beim Vermischen mit Salzlösungen erfahren, an der osmotischen Spannung der Salzlösung liegen. Wird also das nämliche Blut mit gleichen Volumina unter sich isotonischer Salzlösungen vermischt, so geben die Mischungen beim Centrifugiren dasselbe Blutkörperchenvolumen. Diese Regel war für alle untersuchten Salze in aller Strenge gültig bei einer Concentration der Salzlösungen, die 0.16 bis 0.17 Gr.-Mol. Kalisalpeter pro Liter entspricht. Bei anderen Concentrationsgraden, z. B. 0.1 Gr.-Mol. pro Liter, zeigten sich kleine Verschiedenheiten der erhaltenen Volumina. Bei fortgesetzten Versuchen erwies es sich, dass die Concentration 0.16 bis 0.17 Gr.-Mol. pro Liter, wo das erwähnte Gesetz in aller Strenge gültig war, eben der Concentration entspricht, welche auf das Volum der Blutkörperchen keinen Einfluss ausübt. Zu diesem Schluss gelangte ich auf dem Weg, dass ich zugleich in zwei Röhren von resp. 70 und 35<sup>mm</sup> Länge centrifugirte. Das längere Rohr war mit einer Mischung aus 1 Vol. Blut und 1 Vol. Salzlösung von 0.16 oder 0.17 Gr.-Mol. pro Liter gefüllt, das kürzere enthielt ungemischtes Blut (defibrinirt oder mit 1<sup>8</sup> oxalsaures Natron pro Liter versetzt). Nachdem das Centrifugiren bis zum constanten Volumen fortgesetzt worden war (was eine Zeit von 1 bis 1½ Stunden mit 6000 Umdrehungen in der Minute in Anspruch nahm), war das Blutkörperchenvolumen in beiden Röhren dasselbe oder nahezu dasselbe. Im ersten Falle war die angewandte Salzlösung die in Bezug auf das Blutkörperchenvolumen

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 31. December 1894.

<sup>2</sup> Diese Zeitschrift, Bd. V.

\*

indifferente, im letzteren Falle wurde die indifferente Concentration durch Interpoliren berechnet. Diese Concentration war für verschiedenes Blut etwas ungleich. Für Oxalatblut von Rind (erhalten durch Auflösen von 1 g Natriumoxalat in 1 Liter Blut) lag die indifferente Concentration bei oder in der Nähe von 0.17 Gr.-Mol. pro Liter (grösster Werth 0.175, kleinster 0.165). Für durch Schlagen defibrinirtes Rinderblut wurden erheblich kleinere Ziffern erhalten (etwa 0.15).

Weil, wie oben hervorgehoben wurde, das Volumen der Blutkörperchen in naher Beziehung zur osmotischen Spannung der Zwischenflüssigkeit steht, so dass eine niedrigere osmotische Spannung der Zwischenflüssigkeit einem grösseren Volumen als eine grössere Spannung entspricht, so war ja von vornherein anzunehmen, dass, wenn das Blut mit einer Salzlösung gemischt wird, die dieselbe osmotische Spannung wie das Blut besitzt, die Blutkörperchen ihr Volumen unverändert beibehalten werden; wenn aber die osmotische Spannung der Salzlösung grösser oder kleiner ist, als die des Blutes, werden die Blutkörperchen dementsprechend ihr Volumen verkleinern oder vergrössern müssen, weil sie nach den osmotischen Gesetzen in jenem Falle Wasser der Zwischenflüssigkeit abgeben, und in diesem Falle aus derselben Wasser aufnehmen.

Der Theorie nach sollte also diejenige Salzlösung, welche auf das Volumen der Blutkörperchen keinen Einfluss ausübt, dieselbe osmotische Spannung besitzen, wie das Plasma bzw. Serum. Wir haben es demnach in der Hand, die Richtigkeit unserer Annahme direct zu prüfen, indem wir die osmotische Spannung des Plasma bzw. Serum mit der osmotischen Spannung der durch Centrifugiren gefundenen Salzlösung, welche sich gegen das Volumen der Blutkörperchen indifferent verhält, vergleichen.

Die Methoden zur Bestimmung der osmotischen Spannung, die wir besitzen, beziehen sich fast alle auf das Feststellen des Verhältnisses der osmotischen Spannungen verschiedener Lösungen. Unter den directen Methoden, die absolute Werthe des osmotischen Druckes ergeben, verdient diejenige von Pfeffer erwähnt zu werden.<sup>1</sup> Derselbe bestimmte den osmotischen Druck von Rohrzuckerlösungen mit Hülfe einer Niederschlagsmembran von Ferrocyan kupfer, die in der Wand einer Thonzelle eingeschlossen war. Diese Niederschlagsmembran erwies sich als für Rohrzucker undurchgängig, lässt aber reines Wasser durch. Da nun die osmotische Spannung einer Lösung die wasseranziehende Kraft derselben repräsentirt, konnte Pfeffer dieselbe in

---

<sup>1</sup> *Osmotische Untersuchungen.* Leipzig 1887.

folgender Weise messen. Eine mit Steigrohr versehene und mit Rohrzuckerlösung, die ein wenig Kupfersulfat enthielt, gefüllte Thonzelle wurde in eine schwache Ferrocyankaliumlösung getaucht, wobei sich im Innern der Thonzelle eine Niederschlagsmembran von Ferrocyan-kupfer bildete. Hierdurch wurden die Zuckermoleküle am Austreten gehindert, nicht aber das Wasser am Passiren der Zellwand. Auf Grund der wasseranziehenden Kraft der Rohrzuckerlösung wird also Wasser in die Thonzelle eintreten, indem die Rohrzuckerlösung im Steigrohr emporsteigt, und zwar wird die Steighöhe so gross werden, bis der hierdurch geweckte hydrostatische Gegendruck das weitere Eindringen des Wassers verhindert. Dieser hydrostatische Gegendruck ist natürlich, nachdem Gleichgewicht eingetreten ist, gleich der osmotischen Spannung der Rohrzuckerlösung. Da es sich hierbei meistens um nach Atmosphären zählende Drucke handelt, wandte Pfeffer später anstatt des offenen Manometers ein geschlossenes Quecksilbermanometer an. Dadurch wurde zugleich eine schnellere Einstellung erreicht, und ausserdem wurde das Eintreten einer grösseren Wassermenge und eine darauf beruhende Verdünnung der Lösung vermieden. In dieser Weise fand Pfeffer, dass die osmotische Spannung ( $P$ ) einer Rohrzuckerlösung aus der Formel:

$$P = n \cdot 0.649 (1 + 0.00367 t) \text{ Atm.}$$

berechnet werden kann, wo  $n$  den Procentgehalt der Lösung und  $t$  die Temperatur derselben bedeutet. Eine 1 proc. Lösung würde demnach bei  $0^\circ$  eine osmotische Spannung von 0.649 Atm. besitzen.

Nach den theoretischen Auseinandersetzungen von van't Hoff soll aber die osmotische Spannung einer nicht dissociirten gelösten Substanz denselben Gesetzen gehorchen, wie der Druck der Gase. Und die osmotische Spannung einer gelösten Substanz soll so gross sein wie der Gasdruck, den man beobachten würde, wenn man das Lösungsmittel entfernte und die gelöste Substanz, den gleichen Raum bei gleicher Temperatur in Gasform erfüllend, zurückliesse. Bedeutet demnach  $P$  die osmotische Spannung einer Lösung,  $v$  das Volumen derselben bei der Temperatur  $t$  oder der absoluten Temperatur  $T$  und  $p_0 v_0$  dieselben Grössen bei  $0^\circ$  oder der absoluten Temperatur  $273^\circ$ , so wird folgende Gleichung erhalten:

$$P \cdot v = p_0 v_0 (1 + 0.00367 t) = p_0 v_0 \cdot \frac{T}{273}.$$

Nach Regnault's Messungen über die Dichte der sogenannten permanenten Gase soll aber der Druck, den 1 Gr.-Mol. eines Gases bei  $0^\circ$  und einem Volumen von 1 Liter auf die Wände des Gefässes ausübt, 22.35 Atm. betragen. Wir erhalten also

$$P \cdot v = \frac{22 \cdot 35}{273} \cdot T = 0.0819 \cdot T$$

oder

$$P = 0.0819 \cdot \frac{T}{v}.$$

Hieraus können wir somit auch die osmotische Spannung einer 1 proc. Rohrzuckerlösung berechnen, wenn wir zunächst ermitteln, ein wie grosses Volumen eine 1 proc. Rohrzuckerlösung bei 0° einnimmt, die 1 Gr.-Mol. (323 g) enthält. Wenn 342 g zu einer 1 proc. Lösung aufgelöst werden sollen, muss die Lösung 34,200<sup>ccm</sup> oder 34.2 Liter ausmachen. Setzen wir in unserer Formel  $v = 34.2$  und  $T = 273$ , so erhalten wir für die osmotische Spannung bei 0°

$$P = \frac{0.0819 \cdot 273}{34.2} = 0.654 \text{ Atm.}$$

Diese Zahl stimmt auffallend mit der bei Pfeffer's directen Messungen gefundenen (0.649) überein. Zugleich sehen wir die theoretischen Berechnungen von van't Hoff hierdurch bestätigt. Zu den eben erwähnten absoluten Werthen des osmotischen Druckes werde ich später zurückkommen.

Die indirecten Methoden zur Bestimmung des osmotischen Druckes, die in Bezug auf das Blut in Betracht kommen können, sind:

- 1) Die plasmolytische Methode von de Vries;
- 2) Die „Blutkörperchenmethode“ von Hamburger;
- 3) Die Gefrierpunktsbestimmungsmethode von Raoult;
- 4) Die Methode durch Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens von Arrhenius.

Da ich alle diese Methoden in meiner ersten Abhandlung über das Volumen der Blutkörperchen ausführlicher erwähnt habe, brauche ich sie hier nicht näher zu beschreiben. Von allen dürfte wohl die Gefrierpunktsbestimmungsmethode die grösste Anwendbarkeit haben. Die Methode von de Vries setzt voraus, dass die zu prüfende Lösung keine Giftwirkung auf die Pflanzenzellen ausübt und dass die Zellmembran für die gelöste Substanz impermeabel ist. Die Methode von Hamburger ist auch für giftige Substanzen, sowie für gefärbte Lösungen unbrauchbar. Durch die Methode von Arrhenius wird die Zahl  $1 + (n-1)\alpha$  ermittelt. Der Dissociationsgrad ( $\alpha$ ) wird dadurch erhalten, dass das elektrische Leitungsvermögen der Lösung durch das Leitungsvermögen bei sehr starker Verdünnung getheilt wird. Die Lösung muss demnach verdünnt werden können, ohne dass ein Niederschlag entsteht. Da nun im Plasma und Serum bei Zusatz von viel

Wasser eine Fällung entsteht, wird diese Methode für die erwähnten Flüssigkeiten unbrauchbar. Ausserdem setzt aber die Methode voraus, dass die Zahl  $n$  — die Anzahl Ionen, welche bei der Dissociation entsteht — bekannt ist. Dies ist aber für Blutplasma oder Serum nicht der Fall, weil diese Flüssigkeiten verschiedene Salze enthalten, welche bei der Dissociation eine verschiedene Anzahl Ionen liefern.

Da die Gefrierpunktsbestimmungsmethode unter allen die bei Weitem bequemste ist, habe ich beim Vergleichen des osmotischen Druckes von Blutplasma oder Serum mit dem von Salzlösungen dieselbe gebraucht. Wie oben auseinander gesetzt wurde, handelte es sich darum, zu entscheiden, ob diejenige Chlornatriumlösung, welche sich in Bezug auf das Volumen der Blutkörperchen indifferent verhält, auch dieselbe osmotische Spannung hat wie das Plasma bzw. Serum. Da nun isotonische Lösungen denselben Gefrierpunkt besitzen, haben wir also zu untersuchen, ob dies für die genannten Flüssigkeiten der Fall ist. Zu dem Zweck wurde zunächst der Gefrierpunkt einer Serie von Chlornatriumlösungen bestimmt, deren Concentration in der Nähe von 0.17 Gr.-Mol. pro Liter lagen. Mit dem bekannten Beckmann'schen Apparate wurden folgende Resultate erhalten:

Stärke der Lösung in Gr.-Mol. pro Liter	Gramm NaCl pro 100 <sup>ccm</sup>	Gefrierpunkts- erniedrigung in Graden	Mittel aus allen Bestimmungen in Graden
0.14	0.819	0.512	0.510
0.14	0.819	0.510	
0.14	0.819	0.510	
0.15	0.8775	0.551	0.551
0.15	0.8775	0.552	
0.15	0.8775	0.551	
0.15	0.8775	0.552	0.594
0.16	0.936	0.596	
0.16	0.936	0.592	
0.16	0.936	0.592	0.635
0.16	0.936	0.596	
0.17	0.9945	0.632	
0.17	0.9945	0.637	0.671
0.17	0.9945	0.635	
0.17	0.9945	0.635	
0.18	1.053	0.671	0.713
0.18	1.053	0.671	
0.18	1.1115	0.713	
0.19	1.1115	0.713	



Bei der Untersuchung des Blutes wurde zunächst durch Centrifugiren in vorher beschriebener Weise die Concentration derjenigen Chlornatriumlösung bestimmt, welche auf das Volumen der Blutkörperchen keinen Einfluss ausübte. Durch Interpoliren zwischen den Werthen der obenstehenden Tabelle wurde der dieser Concentration entsprechende Gefrierpunkt berechnet. Unterdessen wurde dasselbe Blut auch in grösseren Röhren centrifugirt, wonach der Gefrierpunkt des abgeschiedenen Plasma bestimmt wurde. In der folgenden Tabelle sind die Resultate der so ausgeführten Untersuchungen mit Oxalatblut zusammengestellt; in der zweiten Spalte wird die Gefrierpunktserniedrigung der Chlornatriumlösung und in der dritten die des Plasma angegeben. In der vierten Spalte sind die Differenzen der so erhaltenen Gefrierpunktzahlen eingeschrieben. (Siehe die Tabelle Seite 383.)

Wie ersichtlich, stimmen die Gefrierpunkte der Chlornatriumlösung und des Plasma mit einander sehr gut überein. Indessen können wir die Resultate der Centrifugierungsmethode auch in der Weise prüfen, dass wir die Concentration der Chlornatriumlösung mit der Concentration derjenigen Chlornatriumlösung vergleichen, welche denselben Gefrierpunkt hat, wie das Plasma. Diese Concentration kann aus nebenstehender Tabelle über die Gefrierpunkte für Chlornatriumlösungen durch Interpoliren bestimmt werden. In nachstehender Tabelle werden die fraglichen Concentrationsgrade in Gr.-Mol. pro Liter und in Gramm NaCl pro 100 <sup>ccm</sup>, sowie die Differenzen derselben angegeben.

		Concentration der NaCl-Lösung in		Dem Gefrierpunkte des Plasma entsprechende NaCl-Lösung in		Differenz in	
		Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>
Rinderblut Nr. 1		0.176	1.03	0.176	1.03	0	0
"	2	0.168	0.983	0.170	0.995	0.002	0.012
"	3	0.169	0.988	0.170	0.995	0.001	0.007
"	4	0.167	0.947	0.165	0.935	0.002	0.012
"	5	0.170	0.995	0.173	1.012	0.003	0.017
"	6	0.171	1.00	0.168	0.983	0.003	0.017
Pferdeblut	1	0.173	1.012	0.177	1.035	0.004	0.023
"	2	0.162	0.948	0.169	0.986	0.007	0.038
Schafsblut	.	0.175	1.024	0.177	1.036	0.002	0.012

Die grösste Differenz der Concentrationen finden wir im zweiten Versuche mit Pferdeblut, wo dieselbe in Gr.-Mol. pro Liter 0.005 und

	Gefrierpunkts- erniedrigung der NaCl-Lösung Grad	Gefrierpunktserniedrigung des Plasma		Differenz  Grad
		Grad	Grad	
Rinderblut Nr. 1	0.657	0.659 0.658 0.657	} 0.658	-0.001
Rinderblut Nr. 2	0.627	0.636 0.636 0.636 0.633	} 0.635	-0.008
Rinderblut Nr. 3	0.631	0.630 0.640 0.640 0.632 0.632 0.630 0.632	} 0.634	-0.003
Rinderblut Nr. 4	0.623	0.608 0.617 0.614 0.611 0.616	} 0.613	+0.01
Rinderblut Nr. 5	0.635	0.650 0.641 0.644 0.646	} 0.645	-0.01
Rinderblut Nr. 6	0.639	0.631 0.629 0.622 0.619	} 0.625	+0.014
Pferdeblut. . .	0.646	0.664 0.659	} 0.661	-0.015
Pferdeblut. . .	0.602	0.627 0.627 0.620	} 0.625	-0.023
Schafsblut. . .	0.653	0.665 0.666 0.660 0.660 0.660 0.663	} 0.662	-0.009

in Gramm pro 100<sup>ccm</sup> 0.038 ausmacht. Indessen können wir auch aus dieser Zusammenstellung ersehen, dass die Resultate der Centrifugierungsmethode mit denjenigen der Gefrierpunktsbestimmungsmethode sehr gut in Einklang stehen.

In zwei Fällen habe ich in gleicher Weise defibrinirtes Rinderblut untersucht. Das erste Blut war von demselben Thier wie in obiger Versuchsreihe Nr. 5 und das zweite wie Nr. 6 erhalten.

	Gefrierpunkts- erniedrigung der NaCl-Lösung	Gefrierpunktserniedrigung des Serum			Differenz
	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad
Rinderblut Nr. 5	0.569	0.609	0.609		-0.04
		0.609			
„ „ 6	0.552	0.568	0.575		-0.023
		0.578			
		0.575			
		0.577			
		0.576			

Die Beziehungen der entsprechenden Concentrationsgrade sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

	Concentration der NaCl-Lösung		Dem Gefrierpunkte des Serum entsprechende NaCl-Lösung		Differenz	
	Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>	Gr.-Mol. pro Liter	Gramm pro 100 <sup>ccm</sup>
Rinderblut Nr. 5	0.154	0.901	0.164	0.959	0.01	0.058
„ „ 6	0.150	0.878	0.155	0.906	0.005	0.028

Wir finden bei diesen zwei Versuchen grössere Differenzen als beim Prüfen des Oxalatblutes, und zwar sind die Concentrationsgrade und Gefrierpunkte, welche durch Centrifugiren bestimmt wurden, niedriger als die durch Gefrierpunktsbestimmung des Serum gefundenen. Dies deutet darauf hin, dass das Volumen der Blutkörperchen im kleinen Rohre (also im unverdünnten Blute) im Vergleich mit dem Volumen im längeren Rohre (wo 1 Vol. Blut und 1 Vol. Salzlösung centrifugirt wurde) zu gross ausgefallen ist. In der That habe ich auch in meiner vorigen Abhandlung (S. 259 fig.) nachgewiesen, dass

beim Centrifugiren von Rinder- und Schafsblut das Zusammenpressen der Blutkörperchen im unverdünnten Blute langsamer vor sich geht als im verdünnten. Wahrscheinlich ist es mir also bei den letzten Versuchen nicht gelungen, in beiden Röhren ganz denselben Grad des Zusammenpressens zu erreichen. Es wäre ja möglich, dass das Zusammenpressen beim defibrinirten Blute schwerer gelingt als beim Oxalatblute.

Vergleichen wir die Zahlen, die für dasselbe Blut nicht defibrinirt und defibrinirt gefunden wurden, so finden wir überall niedrigere Werthe für das defibrinirte Blut. Die gefundenen Zahlen sind nämlich:

	Mit dem Blut isotonischer NaCl-Lösung	Gefrierpunkts- erniedrigung
	Procent	Grad
Rinderblut Nr. 5 nicht def.	0.995	0.645
„ „ 5 def. . .	0.901	0.609
„ „ 6 nicht def.	1.00	0.625
„ „ 6 def. . .	0.878	0.575

Schon vorher habe ich darauf hingewiesen, dass die osmotische Spannung des Oxalatblutes diejenige des im Körper circulirenden Blutes um ein wenig übersteigt wegen des aufgelösten Natriumoxalates, und dass die Spannung des defibrinirten Blutes in Folge der Ausfällung des Fibrins die des unveränderten Blutes wahrscheinlich kaum erreicht. Jedenfalls bin ich hier sowohl durch Centrifugiren wie durch Gefrierpunktsbestimmung zu dem Schluss gekommen, dass das defibrinirte Blut eine niedrigere osmotische Spannung besitzt als das Oxalatblut. Die osmotische Spannung des circulirenden Blutes sollte zwischen der des Oxalatblutes und des defibrinirten Blutes liegen. Da aber die Ausfällung des Fibrins in Folge der Grösse des Eiweissmoleküls nur einen unbedeutenden Einfluss auf die osmotische Spannung ausüben durfte, wird wohl die Spannung des unveränderten Blutes eher in der Nähe von der des defibrinirten als von der des Oxalatblutes liegen.

Nehmen wir von den bei den 6 Versuchen mit Oxalatblut von Rindern erhaltenen Werthen das Mittel, so finden wir für die durch Centrifugiren bestimmte mit dem Blute isotonische Concentration von Chlornatrium 0.17 Gr.-Mol. pro Liter und für die Gefrierpunkts-erniedrigung des Plasma die Zahl 0.635, was genau der Concentration 0.17 Gr.-Mol. pro Liter entspricht. Beide Methoden führen also übereinstimmend zu dem Schluss, dass Oxalatblut vom Rindsthiere, wo 1 s

Natriumoxalat in <sup>1</sup> Blut aufgelöst ist, mit einer Chlornatriumlösung von etwa 0.17 Gr.-Mol. pro Liter isotonisch ist. Blut von verschiedenen Thieren giebt etwas verschiedene Werthe. Die Gefrierpunkts-erniedrigung des Serum war im Mittel um 0.043° niedriger als die des entsprechenden Plasma. Die Gefrierpunkts-erniedrigung des Serum würde demnach etwa 0.592° ausmachen, was einer Chlornatriumlösung von 0.16 Gr.-Mol. pro Liter entspricht.<sup>1</sup> Die mit dem unveränderten Blute isotonische Concentration würde also zwischen 0.16 u. 0.17 Gr.-Mol. pro Liter, vielleicht in der Nähe von 0.16, liegen.

Nehmen wir der Einfachheit wegen, und da es sich jedenfalls um sehr kleine Differenzen handelt, an, dass das Mittel aus beiden Concentrationen — 0.165 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.965<sup>g</sup> pro 100<sup>ccm</sup> — die osmotische Spannung des Blutes repräsentirt, so können wir daraus dieselbe in absolutem Maasse auf folgendem Weg berechnen.

Diejenigen chemischen Verbindungen, welche in Wasserlösung nicht dissociirt werden, folgen der Theorie von van 'tHoff nach in Bezug auf die osmotische Spannung den Gasgesetzen, so dass wir in die Formeln über diese Gesetze anstatt des Gasdruckes nur die osmotische Spannung und anstatt des Gasvolums das Volum der Lösung oder den reciproken Werth der molekularen Concentration einzusetzen brauchen. Dies ist auch durch die Versuche von Pfeffer für Rohrzucker bestätigt worden. Da wir nun durch Pfeffer's Versuche die osmotische Spannung einer einprocentigen Rohrzuckerlösung kennen, können wir auch die jeder anderen Rohrzuckerlösung von bekannter Concentration berechnen. In diesem Falle müssen wir also zunächst berechnen, welcher Rohrzuckerlösung eine Chlornatriumlösung von 0.165 Gr.-Mol. pro Liter in Bezug auf die osmotische Spannung entspricht. Aus den Tabellen von Kohlrausch über das elektrische Leitungsvermögen von Chlornatriumlösungen, können wir berechnen, dass der Dissociationsgrad bei 0.165 Gr.-Mol. pro Liter 0.84 ausmacht. Die Zahl  $100\{1 + (n - 1)\alpha\}$  wird also = 184. Wenn wir die molekulare osmotische Spannung eines Nichtleiters, z. B. von Rohrzucker = 100 setzen, wird also die von Chlornatrium bei der fraglichen Concentration = 184. Wenn nun die Chlornatriumlösung dieselbe os-

<sup>1</sup> Die Gefrierpunkts-erniedrigung des Serum ist von verschiedenen Forschern bestimmt worden. So fand Hamburger für Pferdeblutserum die Erniedrigung 0.598° und für ein Rindsserum 0.647° (*Centralbl. f. Physiol.*, Bd. VII [1894], S. 758). Dreser hat für eine Probe abcentrifugirten menschlichen Blutserums die Erniedrigung 0.560° erhalten (*Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm.*, Bd. XXIX [1892], S. 306) und Korányi giebt auch für die Erniedrigung des Serum die Zahl 0.560 an (*Centralbl. f. Physiol.*, Bd. VIII [1894], S. 503).

motische Spannung besitzt wie eine Rohrzuckerlösung, so müssen die molekularen Concentrationen der beiden Lösungen sich umgekehrt verhalten wie die molekularen osmotischen Spannungen. Bezeichnen wir durch  $x$  die Anzahl Gramm Rohrzucker pro 100 <sup>cem</sup>, so wird, da 342 das Molekulargewicht von Rohrzucker ist, die molekulare Concentration der Lösung  $\frac{x}{342}$ . Da die molekulare Concentration der Chlornatriumlösung 0.165 ist, haben wir also:

$$\frac{x}{342} : 0.165 = 184 : 100; x = 10.38 \text{ g.}$$

Indessen haben wir auch in der Hand die Concentration der mit einer Chlornatriumlösung von 0.165 Gr.-Mol. pro Liter isotonischen Rohrzuckerlösung durch Centrifugiren zu bestimmen. Ich habe nämlich in einem Falle gefunden, dass eine Chlornatriumlösung von 0.2 Gr.-Mol. pro Liter dasselbe Blutkörperchenvolumen ergab, wie eine Rohrzuckerlösung von 12.4 g pro 100 <sup>cem</sup>. Da die Chlornatriumlösungen von 0.2 und 0.165 Gr.-Mol. pro Liter fast denselben Dissociationsgrad haben, können wir die gesuchte Concentration ( $x$ ) aus folgender Analogie berechnen:

$$0.2 : 0.165 = 12.4 : x; x = 10.23 \text{ g,}$$

welche Ziffer mit der aus Kohlrausch's Versuche berechneten (10.38) fast identisch ist.

Das Blutplasma hat demnach dieselbe osmotische Spannung wie eine Rohrzuckerlösung von 10.3 g pro 100 <sup>cem</sup>. Aus Pfeffer's Formel für die osmotische Spannung von Rohrzuckerlösungen:

$$P = n \cdot 0.649 (1 + 0.00367 \cdot t)$$

brauchen wir also nur  $n = 10.3$  einzusetzen, um den osmotischen Druck des Plasma zu erhalten. Setzen wir zugleich  $t = 0$ , so bekommen wir für 0°  $P = 6.7$  Atmosphären und bei Körpertemperaturen ( $t=37$ )  $P = 7.6$  Atmosphären. Es handelt sich also um ganz bedeutende Druckgrößen. Diese Ziffern sagen das aus, dass, wenn das Blut von destillirtem Wasser (osmotischer Druck = 0) durch eine Wand getrennt wäre, die für gelöste Stoffe undurchgängig wäre, aber reines Wasser durchliesse, das Blut mit einer Kraft von 6 bis 7 Atmosphären Wasser an sich ziehen würde. Solche Verhältnisse kommen aber, so viel wir wissen, im lebenden Organismus nicht vor. Im Gegentheil hat es sich erwiesen, dass krystallisirende Stoffe und besonders unorganische Salze in gelöstem Zustande thierische Membranen sehr leicht zu durchdringen

vermögen. Da diese Substanzen auch wegen der relativen Kleinheit ihrer Moleküle einen grösseren Einfluss auf die osmotische Spannung ausüben als die Proteinkörper, so können wir auch erwarten, dass etwaige Verschiedenheiten des osmotischen Druckes im Thierkörper schnell ausgeglichen werden und dass wir also überall im Thierkörper etwa dieselbe osmotische Spannung finden werden. So hat Korányi für Transsudate etwa denselben Gefrierpunkt gefunden wie für das Blutserum.<sup>1</sup> Betreffend das Blut habe ich schon wiederholt darauf aufmerksam gemacht, dass wenn die osmotische Spannung des Plasma, bzw. Serum in irgend einer Weise geändert wird, z. B. durch Zusatz einer nicht isotonischen Salzlösung, die Blutkörperchen sich durch Aufnahme oder Abgabe von Wasser und wahrscheinlich auch durch Austausch von gelösten Bestandtheilen für die neue osmotische Spannung einrichten. Der Inhalt der Blutkörperchen repräsentirt nach diesen Veränderungen dieselbe osmotische Spannung wie die flüssigen Bestandtheile des Blutes. Weil die Blutkörperchen sich immer mit der umgebenden Flüssigkeit in osmotischem Gleichgewicht befinden, hat das Blut denselben Gefrierpunkt wie das Plasma bzw. Serum. Dies hat schon Dreser gefunden,<sup>2</sup> und ich habe dasselbe constatiren können. So habe ich einmal für Oxalatblut von Rind die Gefrierpunktserniedrigung 0.568 (Mittel aus 0.570 bis 0.568 bis 0.566) und für das entsprechende Plasma ganz denselben Werth (Mittel aus 0.569 bis 0.568 bis 0.567) gefunden.

Für diejenigen thierischen Flüssigkeiten, bei deren Bildung lebende Zellen activ betheiligt sind, können wir doch möglicher Weise eine andere osmotische Spannung als im Protoplasma oder Blut erwarten. So wissen wir, dass bei der Bildung von Secreten und Excreten die Drüsenzellen wirksam sind; indessen hat Dreser, der Galle und Milch auf ihren Gefrierpunkt untersucht hat, keine bestimmte Verschiedenheit des osmotischen Druckes dieser Secrete von der des Blutes constatiren können.<sup>3</sup> Um so mehr weicht die osmotische Spannung des Harns von der des Blutes ab. Der Gefrierpunkt des normalen Menschenharns ist von Korányi zu im Mittel  $-1.65^{\circ}$  bestimmt worden.<sup>4</sup> Bei 17 Versuchen war der kleinste Werth  $-1.43^{\circ}$  und der grösste  $-2.01^{\circ}$ . Nach reichlichem Trinken fand Dreser für den Harn eine bedeutend kleinere Gefrierpunktserniedrigung.<sup>5</sup> So beobachtete er in verschie-

<sup>1</sup> *Centralbl. f. Physiol.*, Bd. VIII, S. 504.

<sup>2</sup> *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm.*, Bd. XXII (1892), S. 306.

<sup>3</sup> *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm.*, Bd. XXIX, S. 318.

<sup>4</sup> *Centralbl. f. Physiol.*, Bd. VIII, S. 505.

<sup>5</sup> *A. a. O.*, S. 310.

denen Versuchen die Erniedrigungen  $-0.32^{\circ}$ ,  $-0.2^{\circ}$ ,  $-0.18^{\circ}$  und als überhaupt niedrigsten Werth  $-0.16^{\circ}$ . Harn von einer Patientin, die an Diabetes insipidus litt, zeigte die Erniedrigung  $-0.3^{\circ}$ . Eine Katze, die bei ausschliesslicher Fleischfütterung unter absoluter Wassercarenz gehalten wurde, lieferte Harn vom Gefrierpunkte  $-4.72^{\circ}$ , während das defibrinirte Blut derselben bei  $-0.66^{\circ}$  erstarrte. Es dürfte also kaum zweifelhaft sein, dass die osmotische Spannung des Harns unter normalen Verhältnissen die des Blutes bedeutend übersteigt, und dass dieselbe je nach der Wasserzufuhr unter der des Blutes sinken oder noch mehr in die Höhe steigen kann.

Die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes von höheren Thieren ist, wie wir oben gesehen haben, nach den übereinstimmenden Resultaten verschiedener Forscher gleich der einer Chlornatriumlösung von etwa 0.16 Gr.-Mol. pro Liter oder etwa  $0.9^{\circ}$  pro 100 <sup>ccm</sup>. Nach dem oben Gesagten durfte dies auch die osmotische Spannung des lebenden Gewebes oder des Protoplasma sein. Mittelst seiner Blutkörperchenmethode ist Hamburger für Menschen-, Pferde- und Rinderblut zu ganz dem nämlichen Resultate gekommen. Das Froschblutserum hat aber nach Hamburger eine bedeutend niedrigere Spannung; dasselbe hat sich nämlich als mit einer Chlornatriumlösung von etwa 0.103 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.6 Procent isotonisch erwiesen.<sup>1</sup>

Der Zellsaft von *Begonia manicata* und von *Tradescantia discolor* besitzt nach den plasmolytischen Versuchen von de Vries dieselbe osmotische Spannung, wie eine Kalisalpeterlösung von 0.12 bis 0.18 Gr.-Mol. pro Liter. Etwa denselben osmotischen Druck fand nach Tammann Janse in verschiedenen Algenzellen. Der Zellsaft der im Meerwasser lebenden *Chaetomorpha* war mit einer Lösung von 0.14 Gr.-Mol. Kalisalpeter isotonisch, und für die im Dünenwasser wachsenden *Spirogyra* ergab sich der Werth 0.15.<sup>2</sup>

Wir finden also in den Pflanzen etwa dieselbe oder möglicher Weise eine etwas niedrigere osmotische Spannung als im thierischen Protoplasma. Eine kleine Verschiedenheit der osmotischen Spannungen kann wohl an der Verschiedenheit der chemischen Processe liegen, die sich in den beiden Arten von Zellen abspielen. Aufbauende und abbauende chemische Reactionen gehen beständig im Protoplasma vor sich. Im ersten Falle werden aus Stoffen von niedrigem Molekulargewicht, z. B. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, complicirtere Verbindungen von theilweise sehr hohem Molekulargewicht, z. B. Eiweiss,

<sup>1</sup> *Centralbl. f. Physiol.*, Bd. VII, S. 162.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie*, Bd. VIII, S. 687.



gebildet. Diese Prozesse streben also durch Verminderung der Anzahl der gelösten Moleküle die vorhandene osmotische Spannung zu vermindern.

Bei den abbauenden Reactionen dagegen werden Stoffe von bedeutender Molekulargrösse in einfachere Verbindungen gespaltet, somit die Anzahl der Moleküle vergrössert und die osmotische Spannung gesteigert. Nun wissen wir aber, dass bei den Pflanzen die synthetischen Prozesse die Spaltungen überwiegen, während im thierischen Organismus die abbauenden Prozesse vorherrschend sind. Es wäre also möglich, dass eine etwaige Verschiedenheit der osmotischen Spannungen sich hierdurch erklären liesse.

Die Bakterien sollen nach Wladimiroff eine sehr hohe osmotische Spannung besitzen.<sup>1</sup> Dieser hat nämlich durch eine Methode, die an die plasmolytische von de Vries erinnert, die mit dem Zellsaft einiger Bakterien isotonische Concentrationen von Salzlösungen bestimmt. Dabei erwies es sich, dass der Zellsaft mit einer Kalisalpeterlösung von etwa 0.6 Gr.-Mol. pro Liter isotonisch war. Wenn die Resultate von Wladimiroff richtig sind, würde also die osmotische Spannung der Bakterienzellen die der höheren animalen Organismen um mehr als das Dreifache übertreffen.

---

Wie schon mehrmals erwähnt, hat de Vries die osmotische Spannung von Pflanzenzellen in der Weise untersucht, dass er die Salzconcentration aufsuchte, in welcher die Zellen ihre Form nicht veränderten. Stärkere Lösungen brachte das Protoplasma zum Zusammenziehen, während die Zellen in schwächeren Lösungen durch Wasseraufnahme ihr Volumen vergrösserten und, wenn die Raumverhältnisse günstig waren, mehr rundliche Formen annahmen. Hamburger hat später versucht, dieselbe Methode auf die Blutkörperchen anzuwenden.<sup>2</sup> Dabei stellte sich heraus, dass bei den Blutkörperchen des Frosches, des Hühnchens und der Schleie Erscheinungen beobachtet wurden, die an die Plasmolyse der Pflanzenzellen erinnern. Bei den Blutkörperchen von Rinderblut konnte aber Hamburger keine plasmolytische Erscheinungen finden. In dieser Beziehung scheinen meine Versuche wohl geeignet zu sein, die Beobachtungen von Hamburger zu ergänzen. Es liegt nämlich in der Natur der Sache, dass man eine kleine Veränderung des Volumens der Blutkörperchen leichter aus der

---

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. physik. Chemie*, Bd. VII, S. 529.

<sup>2</sup> *Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abth.*, 1887, S. 31.

Summe der Veränderungen mehrerer Blutkörperchen als aus der Veränderung eines einzigen ersehen wird. Es würde also die Centrifugierungsmethode empfindlicher sein als die mikroskopische Beobachtung. In Bezug auf das Volumen der Blutkörperchen haben meine Versuche zu dem Schluss geführt, dass die Blutkörperchen in einer Salzlösung, welche dieselbe osmotische Spannung wie das Plasma oder das Serum besitzt, ihr Volumen unverändert beibehalten, während dieselben durch eine stärkere oder schwächere Salzlösung zum Schwinden bezw. Schwellen gebracht werden. Wir finden also in dieser Beziehung eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Verhalten der Pflanzenzellen.

Zum Schluss möchte ich einige Bemerkungen über das Verhalten der sogenannten physiologischen Kochsalzlösung (0.6 Procent) hinzufügen. Vor mehreren Jahren hat Nasse diejenige Concentration von verschiedenen Salzen zu bestimmen versucht, in welcher die Froschmuskeln ihre Reizbarkeit am längsten behalten. Die Versuche wurden so angestellt, dass die Muskeln in die betreffenden Lösungen gebracht und von Zeit zu Zeit herausgenommen und auf ihre Reizbarkeit geprüft wurden.<sup>1</sup> Dabei erwies es sich, dass die günstigste Concentration für einige Salze etwa die gleiche Molekülzahl enthielt, wie aus folgender Zusammenstellung zu ersehen ist:

Untersuchtes Salz	Günstigste Concentration in Gr.-Mol. pro Liter
NaCl	0.103
KCl	0.093
NaBr	0.116
NaJ	0.116
NaNO <sub>3</sub>	0.117
NaOCO.CH <sub>3</sub>	0.116

Für andere Salze war aber die günstigste Concentration eine ganz verschiedene (z. B. für KBr 0.029 Gr.-Mol.). Das Verhalten der günstigsten Concentrationen führt Nasse auf osmotische Verhältnisse zurück. Auch sagt er ausdrücklich, dass diese Concentrationen „wahrscheinlich diejenigen sind, in welchen die Muskeln Wasser weder aufnehmen, noch abgeben“. Da die günstigsten Concentrationsgrade der

<sup>1</sup> Pflüger's *Arch. f. d. ges. Physiol.*, Bd. II (1869), S. 114.

Salze in obiger Tabelle etwa aequimolekular und demnach isotonisch sind, scheint die Annahme von Nasse für diese Salze richtig zu sein.

Ausserdem fand Nasse, dass eine Chlornatriumlösung von 0.103 Gr.-Mol. pro Liter oder 0.6 Procent die Reizbarkeit des Froschmuskels länger als die günstigste Concentration anderer Salze aufbewahrt, und dass also eine 0.6 procentige Chlornatriumlösung die für den Froschmuskel überhaupt günstigste Salzlösung war. Wie schon erwähnt, hat Hamburger später gefunden, dass eben diese Concentration mit dem Froschblute isotonisch ist. Es wäre demnach die Concentration für die Erhaltung der Reizbarkeit des Muskels die günstigste, welche dieselbe osmotische Spannung wie das Blut besitzt.

Seitdem durch die Versuche von Nasse dargelegt worden war, dass die 0.6proc. Chlornatriumlösung für die Erhaltung des Lebens des Froschmuskels die geeignetste ist, scheint man stillschweigend angenommen zu haben, dass diese Concentration auch für Warmblüter die günstigste sei. Wenigstens sind, so viel ich habe finden können, keine Versuche über diesen Gegenstand mit Muskeln von höheren Thieren ausgeführt worden. In Bezug auf das Verhalten der 0.6proc. Chlornatriumlösung zu den Blutkörperchen behaupten M. und L. Bleibtreu, dass irgend eine Veränderung des Blutkörperchenvolumens durch Zusatz der Chlornatriumlösung zum Blute nicht stattfindet und dass also die sog. physiologische Kochsalzlösung sich gegen die Blutkörperchen indifferent verhält.<sup>1</sup> Zu diesem Schluss sind M. und L. Bleibtreu durch Untersuchungen gelangt, auf die ich mich an dieser Stelle nicht näher einlassen kann. Die Resultate widersprechen aber den Resultaten aller anderen Forscher, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben. Wie wir oben gesehen haben, ist das Blut von Rind und Pferd von vielen Forschern durch Gefrierpunktsbestimmung mit einer Chlornatriumlösung von etwa 0.9 Proc. isotonisch gefunden. Nach meinen Versuchen mit der Centrifuge ist diese Concentration eben die, welche das Volumen der Blutkörperchen nicht verändert. Zu demselben Schluss ist auch Hamburger mit seiner Blutkörperchenmethode gekommen. Es dürfte demnach zweckmässig sein, in den Fällen, wo man eine „physiologische Kochsalzlösung“ braucht, eine Lösung von 0.9 Proc. anzuwenden. Nur bei Versuchen mit Fröschen dürfte eine Concentration von 0,6 Proc. vorzuziehen sein. Hier möchte ich aber ausdrücklich bemerken, dass die 0.9proc. Chlornatriumlösung nur in der Beziehung indifferent ist, dass die osmotischen Verhältnisse dadurch nicht geändert werden und die Blutkörperchen deswegen ihr Volumen

<sup>1</sup> Pflüger's *Arch. f. d. ges. Physiol.*, Bd. LI (1892), S. 168.

nicht verändern. Daraus folgt aber nicht, dass kein Austausch von Bestandtheilen zwischen den Blutkörperchen und dem Salzserum stattfindet. Im Gegentheil hat Hamburger bewiesen, dass unorganische Salze, besonders Chlornatrium, nach Vermischen des Blutes mit isotonischen Salzlösungen von der Flüssigkeit in die Blutkörperchen oder umgekehrt wandern können.<sup>1</sup> Nur geschieht diese Auswechselung von Bestandtheilen in „isotonischen Verhältnissen“, d. h. so, dass die osmotische Spannung des Salzserum oder der Blutkörperchen nicht dadurch geändert wird. In Bezug auf die Eiweisskörper habe ich gefunden, dass dieselben beim Versetzen des Blutes mit etwa 3 Vol. Chlornatriumlösung von 0.6 bis 2 Proc. fast ganz aus der Lösung verschwinden. Wahrscheinlich werden die Eiweisskörper hierbei von den Blutkörperchen aufgenommen. Ueber diesen Gegenstand werde ich an einem anderen Orte ausführlicher berichten.

Lund, im December 1894.

---

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biologie*, Bd. XXVI, S. 414.

# Einige Beobachtungen über die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen und der Muskelsubstanz.<sup>1</sup>

Von

C. G. Santesson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

Durch die Arbeiten von E. Weber, Kronecker u. A. sind die Gesetze der Muskelermüdung erforscht worden. Die Versuche Bernstein's haben gezeigt, dass der Muskel früher ermüdet als der Nerv (als Leitungsorgan); die Untersuchungen von Wedenski und Bowditch<sup>2</sup> lehrten dann später, dass eine wahre Ermüdung des Nerven überhaupt nicht nachweisbar ist.

Was das dritte Glied des peripherischen Nerv-Muskelapparates — die motorischen Nervenendplatten — betrifft, ist auch ihre Ermüdbarkeit der Gegenstand einiger Untersuchungen gewesen. So hat A. Waller<sup>3</sup> nachgewiesen, dass ein Muskel, welcher nach anhaltenden tetanisirenden Reizen vom Nerven aus nicht mehr reagirt, bei genügend starker (tetanisirender) directer Reizung noch ganz gut sich zu contrahiren im Stande ist. Die Nervenendigungen werden also früher ermüdet als die Muskelsubstanz — das Präparat ist wie curaresirt. In neuester Zeit hat Abelous<sup>4</sup> über ähnliche Erfahrungen berichtet und die „Lehre von den Ermüdungsstoffen“ (J. Ranke u. A.) durch besondere darauf gerichtete Experimente dahin näher zu präcisiren ge-

---

<sup>1</sup> Der Redaktion zugegangen den 2. Februar 1895.

<sup>2</sup> Wedenski, *Centralbl. f. d. medicin. Wissensch.* 1884. — Bowditch, *Journal of physiology* 1885 und *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1890.

<sup>3</sup> *British medic. journal* 1885, Vol. II, S. 135 bis 148.

<sup>4</sup> *Archives de physiologie* 1893, S. 437 bis 446.

sucht, dass sich bei der Muskelarbeit unter Anderem gerade curareähnlich wirkende Zersetzungsproducte bilden sollen, welche die beschriebene, erste Stufe der peripherischen Ermüdung — derjenigen der Nervenendapparate — herbeiführen.

Das nähere Studium der curareähnlich wirkenden Gifte hat auch Gelegenheit geboten, die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen zu untersuchen. Diese Gifte haben nämlich — wie besonders Boehm<sup>1</sup> gefunden hat — die Eigenschaft, nicht nur die Erregbarkeit der betreffenden Nervenendplatten einfach aufzuheben, sondern auch vorher die Ermüdbarkeit derselben — je nach den Gaben — mehr oder weniger stark zu steigern. Bei darauf gerichteten Versuchen hat es sich gezeigt, dass die Ermüdung der so vergifteten Nervenendigungen sich im Ganzen in derselben Art wie die Ermüdung des Muskels — nur schneller — entwickelt.

Auf Grund dieser Eigenschaft der curareähnlich wirkenden Stoffe in geeigneten Gaben bei Anfangs noch erhaltener Erregbarkeit eine mehr oder weniger schnelle Ermüdung der motorischen Nervenendigungen hervorzurufen, hat Boehm ein Verfahren angegeben, um ein Maass der relativen Wirkungsintensität verschiedener Curaregifte zu bekommen. Dabei werden die Versuche so ausgeführt, dass das Nerv-Muskelpreparat (vom Frosch) durch eine Reihe von einzelnen, gleich starken, maximalen Inductionsschlägen — z. B. ein jede zweite Secunde — vom Nerven aus zur Ermüdung gebracht wird. Werden solche Prüfungen nach Darreichung von grossen Giftgaben ausgeführt, so tritt die Ermüdung schnell — nach wenigen Zuckungen oder nach einer kurzen Reihe — ein. Bei sehr kleinen Dosen dagegen zuckt der Muskel ziemlich lange Zeit, und zuletzt kommt man zu einem Stadium, wo man nicht mehr weiss, ob man es mit einer Ermüdung der schwach vergifteten Nervenendplatten oder der Muskelsubstanz zu thun hat; ja, es wäre sogar möglich, dass — bei subminimalen Giftgaben — die Ermüdungsreihe den Verlauf der Ermüdung der normalen motorischen Nervenendigungen wiedergäbe. Denn was die Einzelreize betrifft, so fehlen noch — so viel ich weiss — Untersuchungen darüber, welche Gebilde zuerst ermüden, die motorischen Endapparate oder die Muskelsubstanz. Zwar ist diese Frage für die praktische Verwendung der erwähnten Versuchsmethode von geringer Bedeutung, weil man dabei nur die Wirkung stark und maximal wirkender Gaben zu untersuchen nöthig hat. Da es aber immerhin von einem gewissen Werth sein muss, dass die physiologischen Grundlagen der betreffenden Methode

<sup>1</sup> *Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmacol.*, Bd. XXXV (1894), S. 16 bis 22.

auch in dem eben erwähnten Punkte erforscht werden, habe ich es unternommen, einige Versuche darüber auszuführen, wie der vom Nerven aus in verschiedener Art beinahe ermüdete Muskel auf direct angebrachte, maximale **Einzelreize** reagirt. Das Resultat dieser Prüfung habe ich auch mit dem durch tetanische Reize erzielten verglichen. Obgleich das Ergebniss der letzterwähnten Prüfung durch die oben citirten Versuche von A. Waller und Abelous schon klargestellt worden ist, werde ich doch auch die in dieser Hinsicht gemachten Beobachtungen mittheilen, theils des Vergleiches halber, theils auch, weil die betreffenden Untersuchungen dieser Forscher wenig bekannt zu sein scheinen. Einige neue diesbezügliche Experimente können daher vielleicht noch auf ein gewisses Interesse rechnen.

Die Methode der hier unten mitzutheilenden Versuche bestand natürlich darin, dass das Nerv-Muskelpräparat vom Nerven aus mit maximalen elektrischen Reizen beinahe ermüdet wurde; unmittelbar darauf wurde der Muskel, ohne dass ihm Zeit zur Erholung gegeben wurde, gleich starken, directen Reizen ausgesetzt. Wenn er dabei nicht reagirte, so war offenbar die Muskelsubstanz schneller ermüdet als die Nervenendigungen; antwortete aber der Muskel mit kräftigeren Zuckungen, dann war das Gegentheil der Fall.

In Bezug auf diesen Versuchsplan muss hervorgehoben werden, dass es wohl nicht möglich ist — und auch nicht erstrebt wurde —, dem Nerven und dem Muskel physiologisch gleich stark wirkende Reize zuzuführen, weil die Verschiedenheiten der Querschnitte, der Widerstände u. s. w. der beiden Organe in dem einzelnen Falle nicht bekannt waren. Da aber die Reize immer, sowohl für den Nerven als für den Muskel, maximal waren, haben wohl die Verschiedenheiten der Erregungsstärke an sich keine störende Rolle gespielt.

Um mich vor dem Vorwurf zu schützen, dass ich nur ein Stück des Nerven durch die starken Reize ermüdet oder sogar beschädigt hätte, ohne die Nervenendplatten in höherem Maasse zu beeinflussen, habe ich in den meisten Versuchen den Nerven zuerst höher oben fast bis zur Ermüdung des Präparates gereizt, dann die Reize tiefer unten, dem Muskel näher, angebracht. Dabei zeigte es sich — wie aus den Versuchstabellen unten hervorgeht —, dass die von der unteren Reizstelle ausgelösten Zuckungen nur wenig oder gar nicht höher ausfielen als diejenigen, welche zuletzt von dem oberen Reizorte ausgelöst worden waren. Wenn keine Ermüdung noch mehr peripherisch gelegener Gebilde vorhanden gewesen wäre, hätte sicher die Reizung der unteren Nervenstelle, Anfangs wenigstens, höhere Zuckungen gegeben. Eine geringe Verstärkung der Reactionen unmittelbar nach dem Wechsel der

Reizstelle muss wahrscheinlich als Zeichen einer gewissen Erholung angesehen werden, weil bei dem Umtausch die Reizung einige Minuten unterbrochen wurde. A. Waller (a. a. O.) hat unter ähnlichen Umständen bei Wechsel des Reizortes am Nerven (tetanisirende Reize) dieselbe Beobachtung gemacht: nach Ermüdung des Präparates von der oberen Nervenstelle aus bekam er von der unteren gewöhnlich keine Reactionen; wenn solche hervortraten, hat er sie als Zeichen directer Muskelreizung durch Stromschleifen aufgefasst. — Zuletzt will ich nicht unterlassen zu erwähnen, dass das Präparat und besonders der Nerv vor Vertrocknung u. dgl. sorgfältig geschützt wurde.

Nach diesen Bemerkungen gehe ich zur Beschreibung der Versuchsanordnung über; sie war derjenigen bei Ermüdungsversuchen mit Curaregiften, wie sie Boehm<sup>1</sup> ausgebildet hat, so weit als möglich nachgemacht. Die Versuche wurden im December 1894 und im Januar 1895 ausgeführt. Als Versuchsthiere dienten Temporarien, die im October gesammelt und im Eisschrank aufbewahrt waren. Einige Zeit vor den Versuchen wurden sie in Zimmertemperatur gebracht und zeigten sich dann bald ganz normal und lebhaft. Sie wurden getödtet, der eine Gastrocnemius mit N. ischiadicus herauspräparirt und das Präparat an das von Tigerstedt beschriebene Myographion<sup>2</sup> applicirt. Der Schreibhebel, aus Holz, war sehr leicht; die Zuckungen wurden 5.2 Mal vergrößert und werden in den Versuchstabellen unten un-reducirt aufgeführt. Ein nahe an die Achse des Hebels angebrachtes Gewicht hat den Muskel nur mit 3.5<sup>g</sup> beschwert. Nur in zwei Versuchen sind Gewichte von 20 bzw. 100<sup>g</sup> direct unter den Angriffspunkt des Muskels angehängt. In allen Fällen haben die Gewichte den Muskel gedehnt, haben also nicht als Ueberlastungen gewirkt. Auch wurde der Hebel während der Ruhe des Muskels nicht unterstützt, sondern von dem Muskel selbst getragen. Die Muskelzuckungen wurden auf einer sehr langsam laufenden Trommel registrirt.

Als Elektrizitätsquelle diente ein Léclanché'sches Element, als Reize Inductionsströme von einem Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat. Theils wurden einzelne Oeffnungsinductionsschläge, welche regelmässig alle  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Secunden einander folgten, theils kurze Tetani (von etwa  $\frac{1}{2}$  Secunde Dauer mit 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Secunde Pause) und continuirliche Tetani benutzt. Bei der Tetanisirung kamen Wechselströme zur Wirkung (durch Spiel des Inductoriumhammers), bei den

<sup>1</sup> *Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmacol.*, Bd. XXXV (1894), S. 9 bis 15.

<sup>2</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1885. Physiol. Abth., Suppl.-Bd. S. 130 f.; siehe auch Fig. 1.



Reihen einfacher Reize dagegen wurden die Oeffnungsschläge mit Hülfe eines Ludwig-Baltzar'schen Stromunterbrechers ausgelöst, die Schliessungsschläge durch denselben Apparat automatisch abgeblendet. Auch um die kurzen Tetani hervorzubringen, wurde mittelst dieses Apparates eine Nebenschliessung rhythmisch in die secundäre Leitung eingeführt und entfernt. Diese Leitung wurde mit Hülfe einer kreuzlosen Pohl'schen Wippe in eine Leitung zum Nerven und eine zum Muskel getheilt. Als Nerven Elektroden dienten kleine Platindrähte, welche quer über das Ebonitbett, auf dem der Nerv ruhte, liefen und sich von demselben ein wenig emporhoben; als Muskelelektroden fungirten die Femurklemme und der durch die Achillessehne geführte Haken. Beide wurden ebenso wie der Nerv durch kleine, mit physiologischer Kochsalzlösung getränkte Wattebäusche vor Vertrocknung geschützt.

---

Nach dieser Einleitung mögen jetzt die Versuche, tabellarisch zusammengestellt, folgen:

(Siehe die Tabellen Seite 399 bis 404.)

Aus den Versuchen I (Nr. 3 und 5), IV (Nr. 5 und 7), sowie V (Nr. 5 und 7) geht zuerst das Ergebniss hervor, dass, wenn das Präparat vom Nerven aus mit einzelnen, maximalen Oeffnungsinductionsschlägen beinahe ermüdet worden ist, dann reagirt der Muskel nicht mehr auf dieselben Reize, direct angebracht.

Es wird also die Reizbarkeit der Muskelsubstanz den schnell verlaufenden Einzelschlägen gegenüber früher tief herabgesetzt als diejenige der nervösen Gebilde. Man kann also gewissermaassen sagen, dass der Muskel bei Einzelreizen schneller ermüdet als die motorischen Nervenendigungen. Darin aber, dass der Muskel, vom Nerven aus gereizt, noch reagiren kann, kann man jedoch ohne Zweifel einen Beweis dafür sehen, dass er nicht vollständig erschöpft ist, dass nur die Art der directen Reizung mit Einzelschlägen ihm nicht mehr passt.

Auch zeigen die Prüfungen mit tetanisirenden Reizen in sämtlichen Versuchen — in Uebereinstimmung mit den Untersuchungen von Waller und Abelous —, dass an dem vom Nerven aus ermüdeten Präparate der Muskel, direct gereizt, leistungsfähiger ist, als wenn er durch dieselben Reize indirect in Bewegung gesetzt wird.

Versuchstabelle.  
Versuch Nr. I. 18. December 1894.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Gereiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollenabst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1	44	Nerv	Einzelschläge	15	11.6 (Treppe bis 18 mm)	4.8 & 3.6	Zuletzt unregelmässig.
2	90	"	"	0	26.0	4 & 0.5	Unregelm., besonders am Ende der Reihe.
3	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
4	6	Nerv	"	0	4.5	0.4	Sehr unregelmässig.
5	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
6	2	Nerv	"	0	4.5	0.4	Unregelmässig. Pause 5 Minuten.
7	14	"	Kurze Tetani	0	10.5	2.5 & 1.8	Unregelmässig, deutliche Contractur.
8	2	Muskel	"	0	17.4	6.1	Starke Contractur (18 mm).
9	1	Nerv	"	0	—	—	Keine Reaction.
10	1	Muskel	"	0	7.7	5.2	—
11	1	Nerv	"	0	—	—	Zuerst keine Reaction; nach mechanischer Dehnung der Contractur kleine, nicht messbare Zuckungen.
12	1	Muskel	"	0	8.6	5.7	—

Versuchstabelle (Fortsetzung).  
Versuch Nr. II. 19. December 1894.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Gereiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollenabst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1	23	Nerv	Kurze Tetani	15	26 à 23	7.0	—
2	17	"	"	0	8.0	4.0	Unregelmässig, Pause 2 1/2 Minuten.
3	19	"	"	0	5.5 (2.8)	3.5	Unregelm. Nervenektroden näher am Muskel angebracht. Pause 3 1/2 Minuten.
4	15 1/2	"	"	0	5 (1.7)	2—1.5	Unregelm. Pause 3 Min. Nervenektroden weiter nach unten gerückt.
5	3 1/2	"	"	0	2.8	2.3	—
6	1	Muskel	"	0	15.5	5.0	Regelm., starke Contractur (11 mm).
7	1	Nerv	"	0	—	—	Keine Reaction.
8	1	Muskel	"	0	7.7	4.8	Nachher Ausdehnung der Contractur.
9	1	Nerv	"	0	1.8	0.5	—
10	1	Muskel	"	0	10.8	6.0	Wieder Contractur (3.8 mm), nachher aus- gedehnt.
11	1	Nerv	"	0	1.1	0.5	—
12	1	Muskel	"	0	11.2	6.4	Contractur 8 mm.

Versuchstabelle (Fortsetzung).  
Versuch Nr. III. 2. Januar 1895.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Gereiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollenabst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1-7	94	Nerv	Continuirliche Tetani	Zuerst 15, dann 0 <sup>cm</sup>	33-6	—	7 verschiedene Reihen mit kurzen Pausen.
8	4	"	"	"	17-9-9-2	—	Kurze tetanische Reihen, eine jede Minute mit sehr kurzen Pausen. Der Hebel sinkt jedesmal schnell gegen die Abscisse herab. Tiefer (dem Muskel näher) gelegene Reizstelle des Nerven angebracht. Pause 5 Minuten.
9	11	"	"	"	14-2	—	—
10	7	"	"	"	15-3-7-1	—	Kurze Tetani wie Nr. 8. Während der Tetanisierung schnell zu Muskelreizen übergegangen.
11	1	Muskel	"	"	20-7	8-2	Nachher bleibende Contractur; Dehnung. Pause 2 Minuten.
13	1/4	Nerv	"	"	1-6	—	Dehnung.
14	1/4	Muskel	"	"	17-9	—	Dehnung. Pause 9 Minuten.
15	1 1/2	Nerv	"	"	11-3-2-8	—	3 kurze Tetani schnell nach einander, dann plötzlich:
16	1	Muskel	"	"	16-3	—	Nachher dasselbe mehrmals wiederholt.

## Versuchstabelle (Fortsetzung).

Versuch IV. 3. Januar 1895.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Gereiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollenabst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1	16	Nerv	Einzelreize	7	13.1	5.0	—
2	53	"	"	0	29.0	4.7 à 1.4	Unregelmässig. Pause 6 Minuten.
3	2	"	"	0	3.5	0.5	Unregelmässig; Nerv tiefer unten ge- reizt.
4	34	"	"	0	3 à 5 (10)	3 à 1.6	Sehr unregelmässig.
5	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
6	1	Nerv	"	0	5.3	1.5	Unregelmässig.
7	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
8	18	Nerv	Kurze Tetani	0	13.5	4.0	Dann plötzlich:
9	1	Muskel	"	0	21.0	8.0	Nachher vom Nerven kleine Reactionen, dann Dehnung.
10	1	Nerv	"	0	2.0	—	—
11	1	Muskel	"	0	16.9	6.9	Nachher dasselbe ein paar Mal wieder- holt.

## Versuchstabelle (Fortsetzung).

Versuch Nr. V. 4. Januar 1895.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Geroiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollenabst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1	12	Nerv	Einzelreize	10	9.4 („Treppe“ bis 14)	6.3 & 1.4	Directe Belastung des Muskels = 20%. Zuletzt unregelmässig.
2	15	"	"	0	20.2	2.4	Pause 2 Minuten.
3	1	"	"	0	2.6	1.5	Pause 7 Min. Nervenektroden näher dem Muskel angebracht.
4	1	"	"	0	2.4	1.7	Unregelmässig.
5	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
6	1	Nerv	"	0	2.3	0.5	Unregelmässig.
7	1	Muskel	"	0	—	—	Keine Reaction.
8	1	Nerv	"	0	3.5	1.0	—
9	5	"	Kurze Tetani	0	5.1	1.4 & 0.4	Unmittelbar nachher:
10	1	Muskel	"	0	6.0	1.9	"
11	1	Nerv	"	0	1.4	0.9	"
12	1	Muskel	"	0	5.2 & 2.3	1.5	Dasselbe noch einmal wiederholt.
13	1	Nerv	Continuirlicher Tetanus	0	4.5	—	Nachher Contractur mechanisch ausgedehnt.
14	1	"	"	0	3.4	—	Die Tetannacurve bei Nervenreizung wird durch plötzlichen Uebergang zu Muskelreizen unmittelbar um 6.4 mm erhöht. <sup>1</sup>
		Muskel	"	0	9.8	—	

26\*

<sup>1</sup> Während derselben Tetanisierung wird mehrmals mit Nerv- und Muskelreizung gewechselt; jedesmal beim Anfang der Muskelreizung hebt sich die Curve etwas von der Abscisse, beim Uebergang zur Nervenreizung fällt sie ein wenig herunter.

Versuchstabelle (Fortsetzung).  
Versuch Nr. VI. 4. Januar 1895.

Nr. der Reihe	Dauer der Reihen in Min.	Gereiztes Organ	Reizart	Reizstärke, Centimeter Rollensbst.	Zuckungshöhe		Bemerkungen.
					der ersten Zuckung	der letzten Zuckung	
1	5	Nerv	Kurze Tetani	0	23.8	1.3	Directe Belastung des Muskels = 100 <sup>g</sup> . Zuletzt Contractur 3 <sup>mm</sup> . Pause 2 Minuten.
2	1	"	"	0	4.8	0.9	Nervenelektroden näher dem Muskel angebracht.
3	2	"	"	0	1.4	0.5	Pause 3 Minuten.
4	1	"	"	0	1.2	0.4	Unmittelbar nachher:
5	1	Muskel	"	0	0.8	0.5	"
6	1	Nerv	"	0	0.4	0.3	"
7	1	Muskel	"	0	0.5	0.3	Pause 7 Minuten.
8	2	Nerv	Continuirlicher Tetanus	0	0.6	—	Die Tetanuscurve bei Nervenreizung wird durch plötzlichen Uebergang zu Muskelreizen unmittelbar um 0.2 <sup>mm</sup> erhöht. <sup>1</sup>
		Muskel	"	0	0.8	—	

<sup>1</sup> Während derselben Tetanisirung wird mehrmals mit Nerv- und Muskelreizung gewechselt; jedesmal beim Anfang der Muskelreizung hebt sich die Curve etwas von der Abcisse, beim Uebergang zur Nervenreizung fällt sie ein wenig herunter.

Wenn vom Nerven aus bei kurzen Tetanis nur kleine Zuckungen entstehen (Fig. 1, *a*) so bringen die directen Muskelreizungen statt-

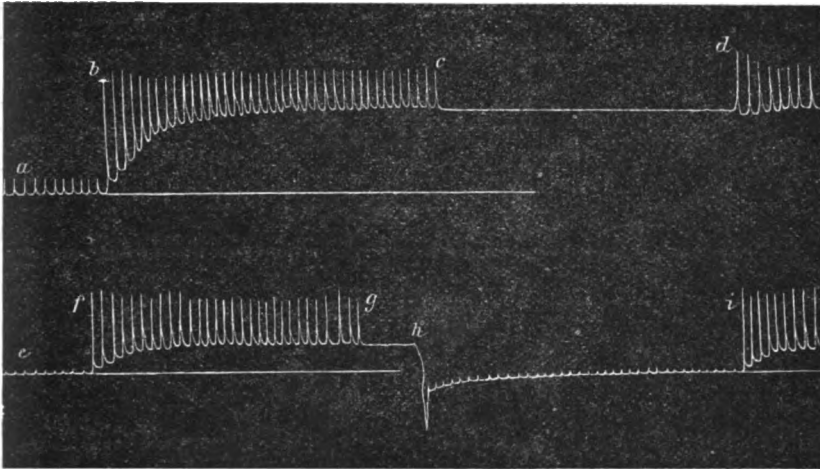


Fig. 1. Aus Versuch II, Nr. 5 bis 12. Kurze tetanisirende Reize, Minimalbelastung, 0<sup>cm</sup> Rollenabstand. *a*) Nerv; *b*) Muskel (zum ersten Mal); *c*) Nerv; *d*) Muskel (Contractur nachher durch mechanische Dehnung zum Theil ausgeglichen); *e*) Nerv; *f*) Muskel; *g*) Nerv; *h*) mechanische Dehnung, dann kleine Zuckungen vom Nerven; *i*) Muskel.

liche Zuckungen (*b*), sowie eine gehörige Contractur hervor. Die folgenden Nervenreize bleiben vollkommen erfolglos (*e*), wenn nicht

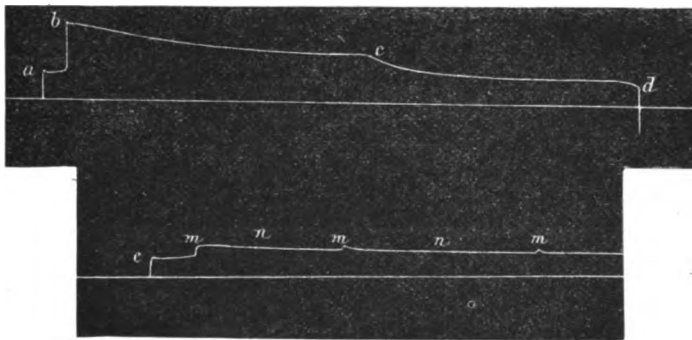


Fig. 2. Aus Versuch V, Nr. 13 und 14. Continuirliche tetanische Reizung, Belastung 20<sup>g</sup>, 0<sup>cm</sup> Rollenabstand. *a*) Nerv, tetanisirt; *b*) Muskel; *c*) Ende der Reizung; *d*) Contractur mechanisch ausgedehnt; *e*) Nerv gereizt; *m, m, m*) Muskelreizung; *n, n*) Nervenreizung.

die Contractur durch mechanische Dehnung zum Theil ausgeglichen wird (*e*, *h*).



Auch continuirlichen Tetanis gegenüber zeigt sich nach vorhergegangener Ermüdung des Präparates vom Nerven der direct gereizte Muskel als leistungsfähiger. Dies geht besonders aus den Bestimmungen (Fig. 2) hervor, wo die indirecte ausgelöste Tetanuscurre jedesmal beim Uebergang zu directen Muskelreizen in die Höhe geht.

Sogar eine nicht unbeträchtliche Belastung des Muskels (bis 100<sup>g</sup>), welche geeignet wäre, eine schnellere Ermüdung desselben hervorzubringen, ändert diese Sache nicht. Die Ermüdung erfolgt schneller, die Unterschiede zwischen direct und indirect ausgelösten Reactionen werden geringer, sie fallen aber bei tetanisirenden Reizen immer zum Vortheil des direct gereizten Muskels aus.

Was endlich die Bedeutung der hier angeführten Versuchsergebnisse für die Auffassung der Ermüdungsreihen bei Experimenten mit kleinen Gaben curareähnlich wirkender Stoffe betrifft, so kann das allmählich verlaufende Herabsinken dieser langen Zuckungsreihen ganz gut von einer allmählich eintretenden Abnahme der Reizbarkeit der Muskelsubstanz abhängen, falls dabei nur — wie dies gewöhnlich der Fall ist — Einzelreize benutzt werden.

## Berichtigungen

zu den Abhandlungen des Hrn. Prof. M. Blix, S. 150—206 dieses Bandes.

Seite 152	Zeile 16	v. o.	statt noch	lies: „nach“.
„ 152	„ 17	„	„	der lies: „den“.
„ 155	„ 15	„	„	Taf. II lies: „Taf. III“.
„ 157	„ 16	„	„	103 lies: „152“.
„ 158	„ 9	v. u.	„	2 lies: „12“.
„ 158	„ 5	„	„	Taf. II lies: „Taf. III“.
„ 160	Tabelle	„	„	Fig. 2, 3, 4, 5 lies: „Fig. 7, 8, 9, 10“.
„ 162	Zeile 21	v. o.	„	S. 108 lies: „S. 157“.
„ 163	„ 4	„	„	103 lies: „152“.
„ 163	„ 15 u. 16	v. o.	statt Grösse, Kraft, von	lies: „Grösse von“.
„ 163	„ 16	v. o.	statt diese	lies: „diese Kraft“.
„ 163	„ 7	v. u.	„	wechseln- lies „wachsen“.
„ 163	„ 5	„	„	Taf. I. In der Taf. II Fig. lies: „Taf. II. In der Fig.“
„ 164	„ 16	„	„	zusammengezogen lies: „frei zusammengezogen“.
„ 165	„ 22	v. o.	„	kurz lies: „nächst“.
„ 167	„ 1	„	„	bezeichnet lies: „geschrieben“.
„ 167	„ 13	„	„	Taf. III Fig. 1 lies: „Taf. II Fig. 5“.
„ 167	„ 11	v. u.	„	ebenso wie von lies: „ebenso wie gegen“.
„ 167	„ 2	„	„	mehr, als von lies: „mehr oder weniger von“.
„ 168	„ 3	v. o.	„	Fig. 30 lies: „Fig. 1“.
„ 168	„ 21	„	„	Fig. 29 lies: „Fig. 2“.
„ 168	„ 23	„	„	Fig. 28 lies: „Fig. 3“.
„ 174	„ 14	„	„	In <i>c</i> und <i>d</i> lies: „In <i>b</i> und <i>c</i> “.
„ 174	„ 3	v. u.	„	wenn lies: „als“.
„ 177	„ 5	v. o.	„	Taf. IV. lies: „Taf. VI“.
„ 177	„ 16	„	„	Taf. IV lies: „Taf. VI“.
„ 178	„ 15	„	„	Taf. IV lies: „Taf. VI“.
„ 180	„ 7	„	„	dann lies: „doch“.



# SKANDINAVISCHES ARCHIV FÜR PHYSIOLOGIE.

---

UNTER MITWIRKUNG VON

PROF. DR. S. TORUP IN CHRISTIANIA, PROF. DR. K. A. HÄLLSTÉN, PROF. DR. E. A. HOMEN  
UND PROF. DR. E. E. SUNDBLAD IN HELSINGFORS, PROF. DR. CHR. BOHR IN KOPENHAGEN, PROF.  
DR. M. BLIX IN LUND, PROF. DR. S. JOLIN, PROF. DR. K. A. H. MÖRNER UND PROF. DR. R.  
TIGERSTEDT IN STOCKHOLM, PROF. DR. O. HAMMARSTEN, DR. W. LINDBERGER UND  
DR. HJ. ÖHRWALL IN UPSALA

HERAUSGEGEBEN

VON

**DR. FRITHIOF HOLMGREN,**

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN  
INSTITUTS AN DER UNIVERSITÄT ZU UPSALA.

---

SECHSTER BAND.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.



LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1895.

**Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.**

# I n h a l t.

---

	Seite
KLAS SONDÉN u. ROBERT TIGERSTEDT, Untersuchungen über die Respiration und den Gesamtstoffwechsel des Menschen. (Hierzu Taf. I—V.) . . .	1
ERNST TENGWALL, Reflexe durch sensible Muskelnerven. (Hierzu Taf. VI.)	225
MAGNUS BLIX, Zur Frage: Wann der Energieumsatz bei der Muskelcontraction auch von der Spannung abhängt . . . . .	240
CH. CONTEJEAN, Das Pylorussecret beim Hunde. (Erwiderung an Herrn Dr. Åkermann) . . . . .	252
JOHN SJÖQVIST, Berichtigungen und Zusätze zu meinem Aufsatz: Physiologisch-chemische Beobachtungen über die Salzsäure . . . . .	255
A. JACOBSEN, Ueber die in Aether löslichen, reducirenden Substanzen des Blutes und der Leber . . . . .	262
FRITS TOBIESEN, Ueber den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes . .	273
JOHANNES BOCK, Ueber eine durch das Licht hervorgerufene Veränderung des Methämoglobins . . . . .	299
C. G. SANTESSON, Krämpfe und Curarewirkung . . . . .	308
K. A. H. MÖRNER, Untersuchungen über die Proteinstoffe und die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns . . . . .	332

---



# Untersuchungen über die Respiration und den Gesamtstoffwechsel des Menschen.<sup>1 2</sup>

Von

Klas Söndén und Robert Tigerstedt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen  
Instituts in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. I—V.)

---

## Erster Abschnitt.

### Ein neuer Respirationsapparat für Respirationsversuche am Menschen.

#### § 1. Geschichtliche Einleitung.

Unseres Wissens war Lavoisier der erste, der quantitative Untersuchungen über die Kohlensäure-Abgabe und die Sauerstoff-Aufnahme des Menschen ausführte. Am 13. November 1789 theilte er der Académie des sciences in Paris die Resultate dieser im Verein mit Séguin ausgeführten Versuche mit. In der betreffenden Abhandlung kommt jedoch keine Beschreibung der hierbei benutzten Versuchsmethoden vor. Diese Beschreibung sollte in einer späteren Abhandlung folgen,<sup>3</sup> welche jedoch niemals erschien, indem sowohl die Untersuchungen über die Respiration wie so viele andere von Lavoisier geplante Arbeiten während der französischen Revolution wegen anderer, mehr dringender Aufgaben bei Seite geschoben werden mussten. Und als dann die Schreckensregierung eintrat, wurde Lavoisier's glänzende wissen-

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 9. März 1895.

<sup>2</sup> Theilweise mit Unterstützung des Elizabeth Thompson Science Fund in Boston ausgeführt.

<sup>3</sup> Lavoisier, *Oeuvres*. Bd. II, S. 695.



schaftliche Laufbahn durch seinen Märtyrertod auf dem Schafott am 8. Mai 1794 beendet.

In einer von Séguin veröffentlichten Abhandlung „Sur la salubrité et l'insalubrité de l'air atmosphérique, dans ses divers degrés de pureté“ hat dieser Autor über die bei den eben erwähnten Versuchen benutzte instrumentale Anordnung die folgende kurze Beschreibung gegeben:

„Je remplissais une grande cloche d'air atmosphérique; je me faisais ajuster la tête de cuivre; l'on me la collait sur le col avec de la poix, qu'on recouvrait de bandes de papier et de linge; je vissais sur l'ouverture de la calotte antérieure le tube communiquant avec la cloche, et, par ce moyen, je respirais l'air qui était à sa partie supérieure, et je faisais mon expiration à travers l'alcali caustique. — Et l'on faisait passer dans la cloche, au fur et mesure que son volume d'air diminuait, des portions d'un semblable mélange, suffisantes pour entretenir toujours le même niveau.“<sup>1</sup>

In seiner Biographie Lavoisier's hat Grimaux Facsimiles nach zwei Lavirungen von der Gattin Lavoisier's mitgetheilt, in welchen sie Skizzen von dem Arbeitszimmer Lavoisier's bei den Versuchen über das Athmen des Menschen in Ruhe und bei Arbeit gezeichnet hat.<sup>2</sup> Diese Zeichnungen stimmen mit der Beschreibung Séguin's vollständig überein, geben aber keine Kenntniss von den Einzelheiten der Versuchsanordnung, z. B. von der Art und Weise, in welcher die eingeathmete Luft von der ausgeathmeten getrennt wurde. Unsere Kenntniss von der Anordnung dieser so merkwürdigen und in des Wortes vollster Bedeutung bahnbrechenden Versuche ist also in hohem Grade unbefriedigend.

Nach Lavoisier wurde lange und noch in unseren Tagen die Methode angewandt, die Luft unter Anwendung einer Maske von dem Versuchszimmer oder aus einem Behälter einzuathmen und in einen anderen Behälter, wo sie dann analysirt werden konnte, auszuathmen. Hierbei trennte man die eingeathmete und die ausgeathmete Luft anfangs mittels Hähne, welche von der Versuchsperson selbst umgestellt wurden. Dies war bei den Versuchen von Murray,<sup>3</sup> Allen und Pepys<sup>4</sup> der Fall. Später wurden zu diesem Zwecke selbstthätige Ventile eingeführt. Die früheste Angabe über die Anwendung solcher

<sup>1</sup> Séguin, *Annales de Chimie*. LXXXIX, S. 261 bis 262. 1814.

<sup>2</sup> Grimaux, *Lavoisier 1743—1794*. Paris 1888. S. 118, 128.

<sup>3</sup> Murray, *Records of the medical society of Edinburgh 1798*; Cit. nach Murray, *A system of chemistry*, third edition. Bd. IV, S. 493. 1812.

<sup>4</sup> Allen und Pepys, *Philosophical transactions*. 1808. S. 250 fig.

Ventile, um die ein- und die ausgeathmete Luft zu trennen, haben wir bei Andral und Gavarret<sup>1</sup> gefunden.

Endlich hat man statt einer vor dem Gesicht placirten Maske eine zwischen die Lippen und die Zahnreihen gestellte und mit einer Röhre versehene Kautschukplatte benutzt, welche viel sicherer als die Maske, ja sogar absolut sicher einen luftdichten Verschluss des Mundes von der umgebenden Luft bewirkt. Dieses Mundstück ist von Denayrouse<sup>2</sup> construirt und scheint von den Tauchern lange benutzt worden zu sein, bevor es eine Verwendung innerhalb der physiologischen Technik fand.

Ueber die zahlreichen Modificationen der Methode, unter der Anwendung einer Maske oder eines Mundstückes die Respirationsproducte aufzusammeln, zu berichten, liegt ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit.

Uebrigens leidet diese Methode, wie sinnreich sie auch entwickelt werden mag, jedenfalls unter dem bedeutenden Fehler, dass die Versuchsperson in einem höheren oder geringeren Grade unter abnormen Bedingungen athmen muss — wenigstens bis sie sich an den Apparat gewöhnt hat.<sup>3</sup> Auch finden wir, dass bei den allermeisten in dieser

<sup>1</sup> Andral und Gavarret, *Annales de chimie et de physique*. 3. série. Bd. VIII, S. 130 fig. 1843.

<sup>2</sup> Vgl. Regnard, *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Paris 1879. S. 285, 286.

<sup>3</sup> Vgl. Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens nach eigenen Untersuchungen dargestellt*. Leipzig 1892. S. 215:

„Meinen Bestrebungen, Normalzahlen für den Athemprocess anderer Personen festzustellen, bereitete die Ungeschicklichkeit, mit der die meisten Menschen sich bei allen Dingen, die das Athmen betreffen, benehmen, nicht geringe Schwierigkeit. Schon die Aufmerksamkeit, die auf die Athemthätigkeit gelenkt wird, und mehr noch der bloss Gedanke an die Möglichkeit einer Störung oder Beschränkung des Athmens rufen eine Hast und Uebereilung hervor, die unnatürlich ist, sobald die Versuchspersonen in den Apparat athmen, selbst dann, wenn sie vorher belehrt und aufmerksam gemacht wurden.“

Auch Katzenstein, der mit den Methoden von Zuntz gearbeitet hat, äussert sich in derselben Richtung: „Trotz aller Sorgfalt durfte die Application der Mundstücke und die Athmung durch die Gasuhr in etwas eine Belästigung und damit ein kleines Plus an Arbeit hervorrufen.“ *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. II, S. 380. 1891.

In der letzten Zeit hat sich Hoppe-Seyler über das Athmen durch eine Maske folgendermaassen ausgesprochen: „Mag auch die Anfügung des Mundstückes am Munde völlig luftdicht, der Druck, unter welchem die Ventile sich öffnen und schliessen, und der Druck, welcher zur Drehung der Gasuhr und der Transmission, die ihr angefügt ist, erfordert wird, noch so klein sein, das Athmen mit solchen complicirten Apparaten ist kein freies Athmen; alle hier und da unvermeidlich eintretenden Aenderungen im Respirationstypus, wie Räuspern

Weise ausgeführten Untersuchungen die Versuchsperson nur eine verhältnissmässig kurze Zeit ( $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde, zuweilen auch etwas länger) ohne Unterbrechung durch die Maske geathmet hat. Nur Smith<sup>1</sup> hat den heroischen Versuch gemacht, 18 Stunden mit alleiniger Unterbrechung für die Mahlzeiten durch eine Maske zu athmen.

Wenn es gilt, die Kohlensäureabgabe des Menschen quantitativ zu bestimmen, ist es jedoch ohne lange Erörterungen klar, dass nur in seltenen Ausnahmefällen Werthe, welche bei Versuchen von  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunden Dauer erhalten werden — auch wenn diese Versuche im Verlauf des Tages in kürzeren oder längeren Intervallen wiederholt werden — maassgebend sein können, und dass die bei derartigen Versuchen erhaltenen Ergebnisse auch wegen der abnormen Bedingungen der Athmung mit einer gewissen Vorsicht benutzt werden müssen. Damit die Bestimmungen der Kohlensäureabgabe und der Sauerstoffaufnahme vollständig befriedigend sein sollen, scheint es nothwendig zu sein, dass die Grösse des respiratorischen Gaswechsels gemessen wird, ohne dass die normale Athmung der Versuchsperson dabei in irgend einer Weise verändert oder gehindert wird.

Scharling war der erste, welcher nach diesem Principe Versuche am Menschen anstellte. Er schloss seine Versuchsperson in einen sorgfältig abgeschlossenen Kasten von etwa 1 <sup>km</sup> Inhalt ein, ventilirte den Kasten mittels einer Luftpumpe oder eines Aspirators und resorbirte die abgegebene Kohlensäure dadurch, dass die totale Luftmenge durch Kalilauge geleitet wurde; die gleichzeitig in den Kasten einströmende Luftmenge wurde durch Kalilauge von ihrer Kohlensäure befreit. Die vor dem Beginn des Versuches und nach dem Schluss desselben im Kasten befindliche Kohlensäure wurde besonders bestimmt.<sup>2</sup>

So vortrefflich die Versuchsanordnung Scharling's ihrem Principe nach auch war, litt sie jedoch unter zwei bedenklichen Fehlern. Theils ist es nicht sicher, dass die gesammte, in der ausströmenden Luft befindliche Kohlensäuremenge von der Kalilauge thatsächlich absorbirt wurde — wodurch also ein Verlust an Kohlensäure möglicherweise entstanden

---

und dergl., müssen fühlbare Widerstände überwinden, das Athmen durch Mundstück ermüdet an sich schon bald die Versuchsperson, und es wird wohl von keiner Seite bestritten werden, dass das Athmen durch diesen Apparat nur auf kurze Zeit ohne starke Ermüdung ertragen werden kann. Lediglich ganz zuverlässige und geübte Versuchspersonen können überhaupt für diese Untersuchungen verwendet werden. Längere Zeit fortgesetzte Versuche sind damit nicht ausführbar.“ *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 578, 579. 1894.

<sup>1</sup> Smith, *Philosophical transactions.* Bd. CIXI, 2, S. 690. 1859.

<sup>2</sup> Scharling, *Ann. d. Chemie u. Pharmacie.* XLV, S. 218 fig. 1843.

ist — theils war der von ihm benutzte Kasten so klein, dass jeder Versuch nur eine kurze Zeit dauern konnte. Die Versuchsdauer war daher bei Scharling in der Regel nur 1 Stunde; in einigen Fällen länger, sehr oft aber nur 30 bis 45 Minuten.

Erst durch Pettenkofer wurde das Postulat erfüllt, einen für den Menschen geeigneten Respirationsapparat zu erhalten, durch welchen die während 24 Stunden abgegebene Kohlensäuremenge direct und ohne Störung der normalen Athmung bestimmt werden konnte. Dieser Apparat, dessen Kosten vom König Max II. von Bayern bestritten wurden, besteht, wie bekannt, aus einer Respirationskammer von 12·7 <sup>km</sup> Inhalt, in welcher durch Luftpumpen ein ununterbrochener Luftwechsel stattfindet. Sowohl von der einströmenden als von der ausströmenden Luft wird eine Generalprobe zur Analyse genommen, indem vom Beginn bis zum Schluss des Versuches ein immer gleich grosser Bruchtheil der gesammten ein- bzw. ausströmenden Luft durch Apparate zur Absorption der Kohlensäure und des Wassers geleitet wird.<sup>1</sup>

Pettenkofer's Apparat ist bei mehreren, ausserordentlich bedeutungsvollen Untersuchungen über die Respiration und den Stoffwechsel des Menschen benutzt worden, und derartige Apparate sind an mehreren Orten für Untersuchungen über den Stoffwechsel unserer Haussäugethiere eingerichtet worden. Dagegen hat man unseres Wissens weder in einem anderen physiologischen Laboratorium, mit Ausnahme desjenigen in Turin,<sup>2</sup> noch bei einer klinischen Anstalt einen derartigen Apparat gebaut.

Um jedoch den respiratorischen Gaswechsel an kranken Menschen bestimmen zu können, ohne eine Respirationsmaske oder ein Mundstück zu benutzen, construirte Liebermeister einen Respirationsapparat, welcher für geringe Kosten ausgeführt werden konnte.

Die Respirationskammer besteht hier aus einem Kasten aus Zinkblech von 1188 Liter Inhalt. Dieser Kasten ist nach unten offen und wird in eine mit Kochsalzlösung gefüllte Rinne gestellt, wodurch die im Kasten befindliche Luft von der umgebenden Luft abgeschlossen wird. Die Versuchsperson kann in dieser Kammer liegen und sitzen. Der Luftwechsel wird durch ein Wassertrommelgebläse besorgt. Die

---

<sup>1</sup> Pettenkofer, *Ann. d. Chemie u. Pharmacie*. II. Suppl.-Band, S. 1 bis 52. 1868.

<sup>2</sup> Vgl. Mosso, *L'institut physiologique de l'université de Turin*. Turin 1894. S. 30.

ausströmende Luft wird durch Schwefelsäure vom Wasserdampf befreit, geht durch grosse leere Flaschen, wo die Kohlensäure nach Pettenkofer analysirt wird, und wird endlich durch eine Gasuhr gemessen.

In bestimmten Zeitintervallen wurde der Kohlensäuregehalt der in diesen Flaschen befindlichen Luft bestimmt. Aus den so gewonnenen Zahlen kann man in einer später zu besprechenden Weise die Grösse der Kohlensäureabgabe der im Kasten eingeschlossenen Versuchsperson berechnen.

Wegen des geringen Cubikinhaltes des Kastens konnte bei diesem Apparat jeder einzelne Versuch nicht länger als zwei, höchstens drei Stunden dauern.<sup>1</sup>

In der letzten Zeit hat Hoppe-Seyler nach dem Principe von Regnault und Reiset<sup>2</sup> einen Apparat zur Messung des respiratorischen Gaswechsels am Menschen gebaut. Dieser Apparat besteht aus einem, nach aussen allseitig luftdicht abgeschlossenen Raum, in welchem die Versuchsperson verweilt. Durch eine weite Röhrenleitung jederseits oben am vorderen und hinteren Ende wird Luft abwechselnd aus dem Raume abgesogen in vier grosse, theils mit starker Aetzkalilauge gefüllte Flaschen, welche in einem Bewegungs- bzw. Schaukelapparate fest eingelegt, durch einen Wassermotor in der Weise bewegt werden, dass die Kalilauge beim Aufsteigen der Flaschen der einen Seite durch die verbindenden Kautschukschläuche in den beiden Flaschen der anderen Seite abfließt und an ihrer Stelle Luft aus der Respirationskammer ansaugt, während auf der anderen Seite ein ebenso grosses Luftvolumen durch eine gleich weite Röhrenleitung nach der Kammer zurückgepresst wird und nahe am Boden dorthin wieder einströmt. Aus einem Gasometer, welcher Sauerstoff enthält, geht durch ein enges Kupferrohr Sauerstoff durch eine mit Aetzkalilauge gefüllte Waschflasche, dann durch eine mit Wasser gefüllte Flasche zur Gasuhr und tritt dann in die Respirationskammer ein. Der ganze nach aussen abgeschlossene zusammenhängende Luftraum beträgt 4943 Liter; die Röhren und Kaliflaschen nehmen hiervon 108.5 Liter, es bleiben also für den Aufenthaltsraum 4834.5 Liter.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Liebermeister, *Deutsch. Arch. f. klin. Med.* Bd. VII, S. 75—117. 1870.

<sup>2</sup> Regnault und Reiset, *Ann. de chimie et de physique*. 3. Série. Bd. XXVI. 1849.

<sup>3</sup> Hoppe-Seyler, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. Bd. XIX, S. 574—589. 1894.

## § 2. Ein neuer Respirationsapparat.

## a. Die Respirationskammer.

Wie schon erwähnt, sind bei früheren Respirationsversuchen an Menschen die Respirationskammern — wo nämlich solche zur Verwendung gekommen sind — ziemlich klein und immer nur für eine Person abgesehen gewesen. Die Respirationskammer Pettenkofer's fasste 12.7<sup>km</sup>, Liebermeister's 1.2<sup>km</sup> und Hoppe-Seyler's 4.8<sup>km</sup>. Der kleine Luftcubus der Kammer hat aber verschiedene Nachtheile in seinem Gefolge. Ist nämlich die Kammer so klein, dass die in derselben befindliche Luft schnell ersetzt werden muss, so wird das Hauptgewicht der Untersuchung auf die Analyse der Ventilationsluft verlegt, wodurch der Einfluss ihrer Zusammensetzung (sowie auch derjenigen der äusseren atmosphärischen Luft) sich fühlbar macht. Ein ebenso genaues Analysiren der ein- wie der austretenden Luft ist dann nothwendig. Kann aber die Kammer so gross gemacht werden, dass die darin eingeschlossene Luft, ohne zu sehr verdorben zu werden, für einen verhältnissmässig längeren Aufenthalt ausreicht, so können viele Versuche derartig angeordnet werden, dass nur wenig neue Luft hinzukommt, wodurch natürlicher Weise die Zusammensetzung der Aussenluft von geringerem Belang wird. Bei Verstärkung des Luftwechsels kann man in eine grosse Kammer mehrere Personen auf einmal hineinbringen, wodurch man durch wenige Versuche einen Mittelwerth der Kohlensäure- (bezw. Wasserdampf-) Production erhält. Weiter bringt ein grösserer Raum den wohl zu beachtenden Vorthail mit, dass der Aufenthalt dort unter wesentlich denselben Umständen stattfindet, wie in einem gewöhnlichen Wohnzimmer — nicht wie in einer engen Zelle. Wenn auch der Beweis nicht geführt werden kann, welchen Einfluss das Gefühl von Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit auf die Resultate ausübt, so scheint es doch mehr als wahrscheinlich, dass ein solcher Einfluss existirt, besonders wenn es sich um Vergleichen von verschiedenen Zuständen, wie Schlafen und Wachen, Ruhe und Arbeit und dergl. handelt. Die Leichtigkeit oder Schwierigkeit, Versuchsindividuen zu erhalten, welche nahe mit der Beschaffenheit der Respirationskammer zusammenhängt, ist schliesslich auch ein Factor, mit dem man rechnen muss, wenn man eine grössere Reihe von Versuchen zu machen beabsichtigt.

Es stellte sich nun aber die Frage: ist es möglich, eine grössere Kammer zu benutzen, ohne dadurch auch die Versuchsfehler derartig zu vergrössern, dass jede Arbeitsmethode versagte? Pettenkofer,

der die mittlere Zusammensetzung der während 12 Stunden durchgegangenen Luft, und Liebermeister, der den momentanen Gehalt jede  $\frac{1}{2}$  Stunde bestimmten, gelangten zwar (in Betreff der Kohlensäure) zu guten Resultaten; dadurch ist es aber bei weitem nicht sicher, dass die zur Verfügung stehenden Methoden ausreichen, wenn z. B. ein achtmal grösserer Luftcubus genommen wird, als der grösste jetzt existirende. Verschiedene Fehler werden ja mit dem Verhältnisse zwischen der durchgegangenen und der analysirten Luftmenge einfach multiplicirt. In Anbetracht der oben angegebenen Vortheile sowie auch der Schärfe der von uns anzuwendenden Analyse-methode für die Kohlensäure entschlossen wir uns indessen, eine Kammer von etwa 100 <sup>km</sup> zu bauen. Würden später die Controlversuche zeigen, dass eine genaue Arbeit unmöglich sei, so reichten ja die Materialien immer aus, um eine Kammer von kleineren Dimensionen herzustellen.

Dass wir einen so grossen Respirationsapparat haben bauen können, dafür sind wir vor Allem Herrn Dr. Carl A. Strömberg zu grösstem Danke verpflichtet, indem er, sobald unsere Absicht ihm bekannt wurde, mit grosser Opferwilligkeit eine beträchtliche Summe zu unserer Verfügung stellte. Ausserdem haben die Herren Consul Oscar Ekman und Ingenieur C. R. Lamm, sowie das Lehrercollegium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts zu den Kosten des Apparates wesentlich beigetragen. Es sei uns gestattet, dafür unsere tiefgefühlte Dankbarkeit hier auszusprechen.<sup>1</sup>

Für die mit der Untersuchung selbst verbundenen Kosten hat die Direction des Elizabeth Thompson Science Fund in Boston uns eine Unterstützung gewährt, für welche wir derselben unsere warmen Danksagungen darbringen.

Von zwei uns zu Gebote stehenden Räumen im physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts zu Stockholm wählten wir also den grösseren. Hier wurden die Decken und Wände mit Holzlatten beschlagen, an welche, ebenso wie an den hölzernen Fussboden, Zinkblech von etwa  $\frac{1}{2}$  <sup>mm</sup> Stärke angenagelt wurde. Taf. I und III A zeigt die Anordnung;  $t, t, \dots t$  sind die Latten,  $x, x, x \dots x$  das Zinkblech. Um die Fugen luftdicht zu erhalten, wurden sie überall mit Zinn gelöthet. Der Sicherheit halber wurde noch die ganze Zinkbekleidung mit Oelfarbe gestrichen. Zum Schutz des Bleches, sowie auch, um das unangenehme Treten auf Metall zu vermeiden, wurde der ganze Fussboden mit einem Teppich von sogenanntem Lino-leum bedeckt. — Um das Tageslicht einzulassen, wurde in einen

<sup>1</sup> Die Kosten des Apparates, ohne die Gasuhren, betragen etwa 5000 Mark.

mit Zink beschlagenen Holzrahmen ein grosses (geschliffenes) Glas (Taf. III *F*) von etwa 4·5 <sup>qm</sup> Oberfläche eingekittet. Zwei kleinere Gläser (Taf. I; III *G*; Taf. II *G*) wurden zum Hereinsehen in die Kammer auf dieselbe Weise angebracht.

Zum Ein- und Austreten war eine gewöhnliche Thür nicht geeignet, da ein vollständiges Dichtmachen derselben sowohl kostspielig als schwierig werden musste. Statt dessen brachten wir eine horizontale Oeffnung an, die mit hydraulischem Verschluss versehen wurde. Diese Oeffnung war nämlich von einer Oel enthaltenden Rinne umgeben, in welche der Rand des Deckels passte. Taf. III zeigt am besten die Anordnung: Die nach der Vorhalle *T* offene Glocke *K* trägt an ihrem unteren Rande die Rinne *r-r*, in welche Paraffinöl gegossen ist. Der Deckel *L* sperrt, wenn er aufgesetzt wird, die Verbindung zwischen der Vorhalle *T* und der Respirationskammer *A* völlig ab. Die Treppen *N* (innerhalb) und *N*<sub>1</sub> (ausserhalb der Kammer) führen von jeder Seite zu der 1·3 <sup>m</sup> über dem Fussboden befindlichen Oeffnung. Um in die Kammer hineinzukommen, hat man also den Deckel (*L*) abzuheben, die Treppe *N*<sub>1</sub> hinauf- und die Treppe *N* herunterzusteigen.

Um aber während eines Versuches Gegenstände — z. B. Speisen oder Getränke — hereinschaffen zu können, eventuell andere Dinge hinauszubekommen, ohne einen unkontrollirten Luftwechsel zu verursachen, haben wir zwei „Schleusen“ angebracht. (Die Einrichtung ist am besten aus Taf. I *S-S*; Taf. IV *S-S* ersichtlich.) Ein parallelipipedischer Kasten aus Zinkblech ist in der Weise in einer Oeffnung der Blechbekleidung des Raumes festgelöthet, dass die eine Hälfte des Kastens innerhalb, die andere ausserhalb der Respirationskammer bleibt. Jede Hälfte hat ihren Deckel (Taf. I *l* und *l*<sub>1</sub>), der in seine, Oel enthaltende, Rinne passt. Die Stopfen *p* und *p*<sub>1</sub> dienen dazu, um bei dem Abheben des Deckels Luft herein- und hinauszulassen. Soll z. B. ein Gegenstand in den Raum (*A*) hereingeführt werden, so verfährt man folgendermaassen: der Stopfen *p*<sub>1</sub> wird herausgenommen, dann der Deckel *l*<sub>1</sub> gehoben. Der Gegenstand wird nun in den Kasten hineingebracht und der Deckel *l*<sub>1</sub> wieder aufgelegt. Eine Portion Luft entweicht dabei durch das Loch *p*<sub>1</sub>, wonach der Stopfen *p*<sub>1</sub> eingesetzt wird. Jetzt wird der (in der Kammer befindliche) Stopfen *p* herausgenommen, der Deckel *l* gehoben und der Gegenstand aus dem Kasten herausgeholt, schliesslich noch der Deckel *l* aufgelegt und der Stopfen eingesetzt. Um gelegentlich Esswaaren sowie auch Excremente, ohne das Gefühl der Versuchspersonen zu verletzen, transportiren zu können, versehen wir den Raum mit zwei solchen Kästen (vgl. Taf. I *S*<sub>1</sub>-*S*<sub>1</sub> und Taf. IV *S*<sub>1</sub>-*S*<sub>1</sub>). Die grösste Quantität Luft, die durch einmaliges Benutzen der



Schleuse ausgewechselt werden kann, ist das Volumen des Kastens, etwa  $0.25 \text{ km}^3$ , was aber um so viel weniger bedeutet, als der dadurch entstandene Fehler nur von der Differenz zwischen der Kohlensäure (resp. Wasserdampf) der Kastenluft und dem nämlichen Volumen Kammerluft abhängt.

Um den Apparat auch im Winter benutzen zu können, wurde der Raum mit Dampfheizung eingerichtet; Taf. I *V* und IV *V* zeigt das Kamin, dessen Reguliereinrichtung der Versuchsperson zugänglich war.

Zu der Einrichtung gehörte weiter ein Closet (Taf. III *C*), ebenfalls mit hydraulischem Verschluss; schliesslich electrisches (Glüh-) Licht und Telephon.

Zum Gebrauch bei längeren Versuchen war ein vollständiges Bett vorhanden. Stühle, Tische u. a. wurden nach Bedarf hinein- und herausgenommen.

Die Bestimmung des Luftcubus der Respirationskammer nahm eine nicht geringe Arbeit in Anspruch. Zwar war die Grundform des Raumes ziemlich einfach; zufolge des schlechten Baues und ungleichmässigen Nachsinkens des Hauses sowie auch durch Unebenheiten des Bleches kamen aber Unregelmässigkeiten vor, die ein sehr umständliches Messen nöthig machten. Wir theilten der Messung halber drei der Seitenflächen des Raumes (Fussboden und zwei an einander grenzende Wände) in Vierecke von etwa  $\frac{1}{2} \text{ qm}$  Oberfläche ein. In jeder Ecke jener Rechtecke wurde die Messstange angebracht, wodurch ein mittlerer Werth der Höhe, Länge und Breite erhalten wurde. Durch besondere Messung wurde wegen der schiefen Theile der Decke ein Abzug gemacht, sowie wegen verschiedener Aussprünge und Vertiefungen und wegen der Möbel Correctionen vorgenommen. Wo nichts anderes möglich war — z. B. bei dem Kamin — wogen wir den Gegenstand und berechneten das Volumen annähernd nach der Dichte. Gewisse Gegenstände — wie das Bettzeug — lassen sich natürlich nur schätzen. Ein Fehler von wenigen Litern scheint doch hier sehr wenig bedeuten zu können.

Da die Primärziffern der Messung durchaus interesselos sind, so führen wir nur das Endresultat der Volumenberechnung an: Der Raum fasst, wenn nur die feste Einrichtung mitgezählt wird,  $100.65 \text{ km}^3$ .

Bei den einzelnen Versuchen kamen wegen der vorhandenen Personen und Geräte noch Volumencorrectionen hinzu.

Um die Luft in möglichst homogener Mischung im Raume zu erhalten, wandten wir einen kleinen, durch Electricität bewegten Ventilator (Taf. III *P*) an, der unter der Treppe *N* placirt war. Derselbe

nahm etwa  $\frac{1}{8}$  el. Pferdekraft in Anspruch und vermochte, wenn er frei in dem Raume stand, etwa 800  $\text{km}^3$  Luft pro Stunde in gewisser Richtung fortzubewegen.

#### b. Apparate zum Bewegen, Feuchten und Messen der Luft.

Zu der Respirationskammer wird die Luft durch ein Zinkrohr von 0.14  $\text{m}$  Durchmesser geleitet (Taf. I und III R). Um den Einfluss des Winddruckes möglichst aufzuheben, geht das Rohr ausserhalb des Raumes senkrecht bis über das Dach des Hauses, wo es zum Schutz gegen den Regen mit einem Schirm versehen ist. Innerhalb des Raumes läuft das Rohr nahe an der Decke längs der einen (längeren) Wand, wodurch die einströmende Luft vor dem Eintritt angewärmt wird. Die Ausströmungsöffnung ist nach oben gerichtet und mit einer rings herum laufenden, Oel enthaltenden Rinne versehen, in welche entweder ein dicht schliessender Deckel oder auch ein mit einem kleineren Loch versehener Deckel eingesetzt werden kann, wenn nämlich — bei geringer Luftgeschwindigkeit im Rohre — entgegengesetzte Luftströme zu befürchten wären.

Von der diagonal entgegengesetzten Ecke des Raumes geht das für die Fortleitung der Luft abgesehene Rohr aus (Taf. II und IV U) und läuft in dem angrenzenden „Apparatzimmer“ am Fussboden entlang bis zu einer Pumpvorrichtung, welche die Luft aus der Respirationskammer saugt und dieselbe durch das Rohr  $U_1$  (Taf. I, II und IV) durch die Gasuhren presst. Die Einströmungsöffnung des Rohres innerhalb der Respirationskammer ist ebenso wie der Einlauf angeordnet. Zum Schutze des Rohres im Apparatzimmer ist dasselbe dort von einer Holztrommel umgeben.

Das Pumpwerk (aus Taf. I, II, IV verständlich) besteht aus drei successiv nach einander wirkenden Glocken (Taf. I  $D_1, D_2, D_3$ ), welche in entsprechenden Wasserbehältern durch Maschinenkraft bewegt werden. Beim Aufsteigen einer Glocke wird Luft in dieselbe hineingesaugt, um beim Heruntersinken wieder hinausgepresst zu werden. Von Glocken wendeten wir drei verschiedene Grössen an:

1. für Ventilationsbedarf über 12  $\text{km}^3$  pro Stunde,
2. für 12 bis 3  $\text{km}^3$ ,
3. unter 3  $\text{km}^3$ .

Die Ventile, deren Einrichtung aus Taf. II ersichtlich ist, sind gewöhnliche Wasserverschlüsse, die die Luftbewegung in eine gewisse Richtung — nicht aber in die entgegengesetzte — gestatten. 3 Glocken machen die Anwendung von 6 Ventilen nöthig, 3 für die eingehende

und 3 für die austretende Luft. Die Zeichnung erklärt sich wohl von selbst.

Bei der Arbeit mit dem Apparat hat man dafür zu sorgen, dass immer hinlänglich viel Wasser (etwa 2<sup>cm</sup>) über dem unteren Rande der Röhre  $V_1$ ,  $V$  steht, was durch das Wasserstandsrohr  $n$ ,  $n$  beobachtet werden kann. Würde indessen durch Verdunsten des Wassers ein Ventil versagen, so bewirkt dies nichts anderes, als eine Herabsetzung der Ventilationsgrösse, was aber durch den Gang der Gasuhren sofort angezeigt wird. Beobachtet man die Temperatur der in die Kammer eintretenden Luft, so schwankt diese bei regelrechtem Gang, auch bei ziemlich grossen Differenzen zwischen der Kammer- und der Aussenluft nur unbedeutend. Entsteht aber z. B. bei kalter äusserer Temperatur durch Ventilfehler ein periodischer Stillstand der Luft im Zuleitungsrohre, so folgt ein ebenfalls periodisches Steigen und Fallen des Wärmegrades der einströmenden Luft, wodurch man auf den vorhandenen Fehler aufmerksam gemacht wird. Dieser Fehler kommt eigentlich nur bei Anwendung starker Ventilation vor.

Der Gebrauch von Wasserventilen ist aber gerade durch die dort stattfindende Wasserverdunstung vortheilhaft. Vor Eintritt der Luft in die Gasuhren muss sie nämlich mit Wasserdampf gesättigt sein, was ja in den Ventilen in nicht unwesentlichem Grade geschieht. Das Feuchten fährt in den Glocken fort. Um aber bei den grossen Glocken die nasse Wandfläche zu vergrössern, ist in jede Glocke ein Cylinder von Leinwand eingehängt, welcher durch einen am unteren Rande angenähten Metallring gespannt gehalten wird. Wenn die Glocke heruntergeht, taucht der Leinwandcylinder in das Wasser herunter; beim Aufsteigen kommt die so durchnässte Leinwandfläche mit der zu feuchtenden Luft in Berührung. Der gute Effect der Befeuchtungsmethode hat sich während der Arbeit unter anderem dadurch gezeigt, dass der Wasserstand in den Gasuhren auch bei einer sehr langen Reihe von Versuchen constant geblieben ist. Ein bei einigen Versuchen abgelesener Psychrometer zeigte kein Sättigungsdeficit in Betreff der aus den Gasuhren ausströmenden Luft. Zufolge der Verdunstung in den Ventilen und Glocken mussten wir auf ein projectirtes Benutzen der Glocken zum Controlmessen der Luft verzichten.

Das Pumpwerk wurde durch einen kleinen elektrischen Motor (Taf. II und IV I) von etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Pferdekraft getrieben. Die Transmissionen und Achsen werden auf Taf. I und II gezeigt. Auf Taf. II und IV bezeichnen  $\alpha$  die Rheostaten,  $\beta$  den Ampèremeter.

Von dem Pumpwerke strömte, wie schon erwähnt, die Luft (durch

die Röhre  $U_1$ ) zu den Gasuhren,<sup>1</sup> die aber auf den Zeichnungen nicht angegeben sind. Wir benutzten 2 Gasuhren, die entweder einzeln oder beide auf einmal angewendet werden konnten. Sie waren zu diesem Zwecke mit einem U-förmigen Rohre vereinigt. Durch Eingiessen oder Auslassen des Wassers aus der Sperre konnte die Verbindung zwischen den Uhren regulirt werden, wodurch der Luftstrom entweder nur durch die eine Uhr fortging oder sich nach beiden vertheilte.

Bei dem Justiren der Gasuhren nach der Normalglocke der hiesigen städtischen Gasanstalt wurden folgende Resultate erzielt:

Gasuhr Nummer	Druck der Leitung Millimeter	Temperatur		Wenn die Gasuhr 1000 zeigt, so zeigt die Glocke	Corrections- zahl
		der Gasuhr	der Glocke		
I.	11	19.7	20.4	1002	0.9995
„	25	19.7	20.4	1000	0.9975
II.	11	19.5	20.4	1011	1.0075
„	25	19.7	20.4	1007	1.0045

Die Fehler sind, wie ersichtlich, einigermaassen abhängig von dem Druck in der Leitung. Da aber dieser Druck sich im Allgemeinen auf ungefähr 11<sup>mm</sup> Wasser gehalten hat, so haben wir die für diesen Fall angegebene Correction angenommen. Bei Gasuhr I, wo die Correction innerhalb der Grenzen der Observationsfehler fällt, haben wir dieselbe ganz vernachlässigt. — Die Justirung gilt doch nur einer ganzen Umdrehung des Literzeigers. Ob kleine Abweichungen der einzelnen Theilstrieche von dem wahren Volumen vorhanden sind, haben wir nicht controliren können. Bei grösseren Ventilationsmengen kann aber der davon herrührende procentische Totalfehler nur unbedeutend sein; bei kleineren übt das Volumen der Ventilationsluft im Vergleich mit der Luftmenge der Respirationsskammer auf das Resultat nur einen geringen Einfluss aus.

Die Temperatur der Gasuhren, die durch genaue Thermometer bestimmt wurde, blieb oft stundenlang constant. Indessen zeigte die aus den Gasuhren austretende Luft nicht immer denselben Wärmegrad, wie die Gasuhr selbst; es konnte um 1 bis 1.6° C. differiren. Bei welcher Temperatur das Messen wirklich vorgenommen ist, bleibt also zwischen gewissen Grenzen unsicher. In Betreff der Gasuhr III, die nur zum Messen einer relativ kleinen Luftmenge dient (öfters nicht

<sup>1</sup> Nasse Gasuhren.

einmal  $0.1^{\text{km}}$  während einer Versuchsperiode) sind die Correctionen mit denjenigen der beiden anderen zusammengeschlagen.

Bleibt aber auch das Messen mit Hülfe der Gasuhren zufolge der kaum zu controllirenden Fehler kein absolut genaues, so können, wie wir unten zeigen werden, die Fehler nicht viel zu bedeuten haben. Wir haben uns nicht mit unendlichen Correctionen abgequält, sondern einfach die wichtigeren eingehalten, sonst aber den Controlversuchen überlassen zu zeigen, welche Genauigkeit der Apparat im Ganzen leistet.

### c. Anordnungen und Apparate zur Analyse der Luft.

Durch frühere Arbeiten Pettenkofer's und anderen veranlasst, hatten wir Anfangs die Absicht, ausser der von uns später angewandten Methode zur Bestimmung der momentanen Zusammensetzung der Luft, noch eine andere — zur Bestimmung der mittleren Zusammensetzung — anzuwenden. Es wurden sogar mit vielem Zeitaufwand und nicht geringen Kosten Apparate angeschafft und justirt, welche aber nie zur Anwendung gelangten. Die mit der anderen, viel einfacheren Methode ausgeführten ersten Versuche liessen uns nämlich hoffen, eine Genauigkeit zu erreichen, welche kaum durch eine andere übertroffen werden konnte. Diese Hoffnungen wurden während der fortgesetzten Arbeit erfüllt.

Wir gehen alsdann zur Beschreibung der von uns benutzten analytischen Anordnungen über — natürlich unter Fortlassung kleiner Abänderungen, die im Laufe der Arbeit vorgenommen worden sind. Wie erwähnt, beabsichtigten wir — wie vorher Liebermeister — eine genaue Bestimmung der momentanen Zusammensetzung der Luft zu erhalten. Es konnte dies in Betreff des Wassers mit Hülfe eines genauen Hygrometers und in Betreff der Kohlensäure mit Hülfe Pettenkofer's oder Pettersson's<sup>1</sup> Methoden geschehen — mit oder ohne Modificationen.

Bei der Wasserbestimmung versuchten wir verschiedene Instrumente: 1) Hygrometer von K. SONDÉN;<sup>2</sup> 2) das gewöhnliche August'sche Psychrometer; 3) Thaupunktapparat (letzteren bei einem einzigen Versuche am 6. März 1894). Von diesen Instrumenten waren das Psychrometer und der Thaupunktapparat innerhalb der Respirationskammer aufgestellt und wurden von aussen abgelesen. Zu SONDÉN's Hygrometer wurde die Luft durch Röhrenleitung zugeführt, was aber

<sup>1</sup> Siehe unten.

<sup>2</sup> K. SONDÉN, *Bih. t. K. Vet. Akad. Handl.* Bd. XVII, Abth. I, Nr. 5.

wahrscheinlich dazu beitrug, die Anwendung dieser Methode unmöglich zu machen. Zufolge Absorption<sup>1</sup> des Wasserdampfes an den Röhren und Gefässen fielen nämlich bei schnell ansteigender Feuchtigkeit die Resultate immer zu niedrig aus. Von Psychrometern wurden zwei angewandt, das eine in der Kammer, nämlich auf die Weise, dass Ablesung durch das Fenster (Taf. I und III *G*) möglich war, das andere in dem Zuleitungsrohr für frische Luft (Taf. I *R*). Die Thermometer waren an der letzteren Stelle L-förmig.

Der Thaupunktapparat bestand aus einer Kugel von dünnem Messingblech, das auswendig vernickelt und polirt war. Mittels Durchblasens von Luft durch Aether wurde die Temperatur bis zum Thaupunkte herabgesetzt. Ein Apparat war in der Kammer, ein anderer im Freien aufgestellt. Das Ablesen geschah durch die bezw. Fenster. Der Aetherdampf wurde durch eine besondere Röhre fortgeleitet und gelangte also nicht in die Kammerluft. In Betreff der Genauigkeit der einzelnen Bestimmungen kann man kaum näher als 0.1<sup>mm</sup> Quecksilberdruck kommen. Wenn aber auch der Fehler der Wasserdampfbestimmung selber viel grösser wäre, so würde er im Vergleiche zu anderen der Wasserbestimmung anhaftenden Fehlerquellen ohne Belang sein. Wir kommen später hierauf zurück.

Für die Correction des abgelesenen Kohlensäuregehaltes ist Kenntniss des approximativen Wasserdampfgehaltes der Luft nöthig. Zu diesem Zwecke sind die Methoden unnöthig genau.

Um die für die Kohlensäurebestimmung abgesehenen Proben zu erhalten, wurde (vgl. Taf. V, Fig. 1) von dem Hauptrohre (*U*) eine besondere Leitung engerer Röhren ( $\pi$ ) abgezweigt, durch welche mit Hülfe einer Wasserstrahlluftpumpe Luft an den Einstromungsöffnungen des Analyseapparates (*Y*) oder aber eines besonderen Behälters (*S*) vorbeigesogen wurde. Die Röhre führte nicht direct nach der Luftpumpe, sondern mündete zuerst in eine kleine Gasuhr ( $\tau$ ), wo die diesen Weg strömende Luft gemessen wurde, weiter von der Gasuhr nach einem aus einer Flasche mit Gummistopfen hergestellten Quecksilberventil *F*, wo auch die für die Aussenluft abgesehene Röhre  $\zeta$  mündete. Von dem Quecksilberventil *F* führt ein Verbindungsrohr ( $\lambda$ ) nach der Luftpumpe. Wird durch die letztere die Luft in *F* verdünnt, so strömt neue Luft sowohl durch die Röhre  $\pi$ , als auch durch die Röhre  $\zeta$  zu. Ob mehr oder weniger Luft den einen oder den anderen Weg kommt, beruht darauf, wie tief die eine oder andere Rohröffnung in dem Quecksilber steht. Je weniger Gegendruck zu überwinden ist, desto mehr Luft

<sup>1</sup> Gmelin-Kraut, *Handb. d. anorg. Ch.* 6. Aufl. Bd. I. Abth. 1. S. 583.

strömt natürlich hindurch. Die Miescher'schen<sup>1</sup> Hähne  $\psi$  und  $\varphi$  dienen dazu, die Luft entweder aus dem Behälter  $\mathcal{S}$ , oder von der Aussenluft nach dem Analyseapparat zu leiten.

Der Behälter  $\mathcal{S}$ , von welchem wir zuweilen zwei anwendeten, besteht aus einer Pipette, oben mit einem Miescher'schen, unten mit einem gewöhnlichen Hahne versehen, welche Pipette durch einen umwickelten Gummischlauch mit einem zu hebenden oder zu senkenden Quecksilbergefässe in Verbindung steht. Ist die Pipette voll Quecksilber, lässt man (durch Senken des hängenden Gefässes und Oeffnen des unteren Hahnes) Quecksilber ausfliessen, wodurch Luft durch die eine Oeffnung des oberen Hahnes aus der Leitung eintritt. Nach Entnahme der Luftprobe treibt man durch Heben des Quecksilberbehälters die Luft durch die andere Hahnöffnung, weiter durch die capillaren Glasröhren in den Analyseapparat herüber. (Vgl. Taf. II, IV, wo die Bezeichnungen die nämlichen sind, wie auf Taf. V.)

Da die von uns angewandte, von K. Sondén modificirte, Pettersson'sche Analysemethode<sup>2</sup> zwar öfters schon, doch nicht in der ausländischen, physiologisch-hygienischen Litteratur publicirt ist, haben wir es für zweckmässig gehalten, die Methode und den Apparat in der von uns angewandten Form zu beschreiben.

Versteht man unter „relativem Druck“ den Druck einer gewissen Gasmasse, verglichen mit dem Drucke einer gewissen anderen, so kann, wie bekannt, das von Pettersson angegebene Princip so ausgedrückt werden: dass man die Analyse unter constantem relativem Drucke ausführt. Es geschieht dies dadurch:

1. dass das zu analysirende Gas (Luft) während der ganzen Untersuchung von der äusseren atmosphärischen Luft abgeschlossen ist. Aenderungen in dem Barometerstand bleiben dann natürlich ohne Einfluss.

2. dass das Analysegefäss durch ein sehr empfindliches Differentialmanometer mit einem anderen Gefässe (Compensator) in Verbindung steht. Jede einseitige Aenderung des Druckes in dem einen Gefässe wird an der Flüssigkeit des Differentialmanometers sichtbar; und nur wenn der Druck, (d. h. der relative Druck) in beiden Gefässen gleich ist, bleibt die Flüssigkeit unverändert ruhig. Stehen die beiden Gefässe in einem gemeinsamen grossen Wasserbehälter, dessen Flüssigkeit

<sup>1</sup> Vgl. Franz Müller's (Geissler's Nachf.), Bonn, Preislisten.

<sup>2</sup> O. Pettersson, *Zeitschr. f. anal. Ch.* Bd. XXV, S. 467. K. Sondén, *Zeitschr. f. Instrumentenkunde.* 1889. S. 472. *Zeitschr. f. anal. Ch.* Bd. XXVI, S. 592. O. Pettersson und A. Palmquist, *Ber. d. d. Chem. Ges.* 1888. S. 2129.

in stetiger Bewegung gehalten wird, damit die Temperatur überall gleichförmig sei, so wird der relative Druck von Aenderungen der Temperatur unabhängig. Enthalten schliesslich die beiden Gefässe ein wenig Wasser, so sättigt sich die Luft bei der waltenden Temperatur mit Feuchtigkeit.

Durch Absorption eines gewissen Bestandtheiles der Luft wird das Gleichgewicht gestört, und kann nur durch Verminderung des einen Gasvolumens (in der Pipette II) oder Ausdehnung des anderen (in I) wieder hergestellt werden. Diese Verminderung, bezw. Ausdehnung, ist dann ein sehr genaues Maass des absorbirten Gasquantums.

Taf. V, Fig. 2 zeigt die praktische Anordnung des von uns angewandten Apparates zur Kohlensäurebestimmung der Luft. Im Glasbehälter Q stehen die Glaspipetten I und II, alle beide von der nämlichen Grösse und wo möglich auch von der nämlichen Glasstärke. Dieselben sind mit Hülfe von Quecksilber genau geaicht und mit den genau calibrirten Röhren „0—4“ und „4—0“ versehen. Nach oben setzen die Pipetten mit den Capillaren III und IV fort, die durch die 3-Weghähne V und VI entweder mit dem Differentialmanometer VII oder durch bezw. XI und XII mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt werden können. Das Differentialmanometer VII enthält ein einziges Tröpfchen Oel, das die Röhre in einer Länge von 2 bis 3 mm füllt. Auch die kleinste Aenderung des Druckes an der einen oder anderen Seite von diesem „Index“ bewirkt bei ihm eine Bewegung. Stehen die beiden Seiten des Index mit bezw. I und II in freier Gascommunication, so bleibt er nur dann ruhig stehen, wenn der Druck in I und II völlig gleich ist. Absorbirt man — durch Einführung der Luft in das Absorptionsgefäss X (durch den Hahn VIII) — die Kohlensäure, so entsteht, wenn man die jetzt zurückbleibende Luft wieder in II zurückführt und dieselbe auf das Anfangsvolumen zurückbringt, ein gewisses Vacuum.

Das so gestörte Gleichgewicht zwischen dem in I und II existirenden Luftdruck kann in zweierlei Weise wieder hergestellt werden: entweder durch Einführen von soviel Quecksilber in II, wie man Kohlensäure weggenommen hat, oder durch Auslaufenlassen von soviel Quecksilber aus I, dass die Luft dort gerade soviel verdünnt wird, wie sie es in II durch Verschwinden der  $\text{CO}_2$  bei unverändertem Volumen geworden wäre.

Bezeichnet  $A$  das Volumen von I, und  $B$  das Volumen von II; sind weiter die eingetheilten Röhren an I und II mit der nämlichen Eintheilung versehen, so wird die Beziehung zwischen der Volumenverminderung in II (d. h. dem wirklichen Kohlensäuregehalt der analy-



sirten Luft,  $= x$ ) und der entsprechenden Volumenvergrößerung in I ( $= \alpha$ ) durch folgende Gleichung dargestellt:

$$1) \quad \frac{B-x}{B} = \frac{A}{A+\alpha} \quad \text{woraus:} \quad x = \frac{\alpha B}{A+\alpha}.$$

Bemerkung: Bequemer wäre es gewesen, wenn man bei Anfertigung des Apparates die Eintheilung so gemacht hätte, dass diese Rechnung überflüssig geworden wäre. Die Theilstriche an der Compensatorröhre (I) kommen dann aber natürlich nicht in gleichen Abstand von einander.

Die Eintheilung ist jetzt aber so hergestellt, dass jeder Haupttheil (0—1, 1—2 u. s. w.)  $= \frac{1}{1000}$  des Volumens von dem Nullstriche bis zu dem Hahne der betreffenden Pipette ausmacht. Der Haupttheil ist weiter in 25 kleinere graduirt, von denen also jeder  $\frac{1}{25000}$  des Pipettenvolumens entspricht. Durch Schätzung kann man bis zu  $\frac{1}{250000}$ , d. h. 0.000004 oder 0.004 pro Mille kommen. Wir werden später auf die wirkliche Genauigkeit des Apparates zurückkommen. Der grösste Kohlensäuregehalt, der mit dem Apparate bestimmt werden kann, ist 7.97 pro Mille; d. h. bei Anwendung der Pipette II allein: 4 pro Mille, und bei Fortsetzung mit der Pipette I noch 3.97 pro Mille dazu. Die Pipette II steht nach unten durch das mit Tuch umkleidete Schlauchstückchen (XIII) mit dem Hahne XIV, dieser durch den mit Draht umwickelten Schlauch (XV) mit dem Gummigefäss XVI in Verbindung. Die Pipette I ist unten mit einem ebenfalls mit Tuch umkleideten Gummibeutel (XVII) versehen. Sowohl das Gefäss XVI als der Beutel XVII enthalten Quecksilber. Zur letzten, feinsten Einstellung des Quecksilbers in den betreffenden Röhren dienen 2 Quetschschrauben ( $m_1$  und  $m_2$ , auf der Zeichnung nur mit Strichen markirt). Statt dieser Schläuche mit ihren Quetschschrauben haben wir später Mikrometerschrauben angewandt, die in die Quecksilbermasse hineingeschraubt werden, ungefähr wie bei den Reichert'schen Thermo-regulatoren. Dadurch erhält man ein viel schnelleres und sichereres Einstellen. Zur Einstellung des Index ist die Röhre VII mit einer (willkürlichen) Eintheilung versehen. Alle Volumenbestimmungen sind von uns selbst durch Auswägen mit Quecksilber gemacht, wobei wir die einzelnen Theile des Apparates nicht aus den Augen gelassen haben, ehe alle nothwendigen Marken eingätzt waren. Bei der Anfertigung eines Präcisionsapparates von dieser Art halten wir es nämlich nicht für erlaubt, sich auf andere — sei es noch so geschickte Instrumentenmacher — zu verlassen. Wir haben als Maasseinheit das Volumen von 1 Gramm reines Quecksilber bei  $+18^\circ \text{C.}$  gewählt. Die Pipetten

fassen etwa 1000 dergl. Volumeneinheiten. Welches absolute Volumen die Pipette enthält, ist übrigens gleichgültig, wenn nur die Beziehung zwischen der Pipette und der Scala richtig ist.

Das Stativ des Apparates ist aus vernickeltem Messing und steht auf einer Mahagonischeibe. Die in dem Glasgefäß *Q* enthaltene Wassermasse wird durch eingepresste Luft in stetiger Bewegung gehalten. Diese Luft kommt aus einer besonderen Leitung (vgl. Taf. II), die mit der oben erwähnten Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung steht. Der Anschluss des Apparates an die Röhrenleitung ist aus Taf. IV und Taf. V, Fig. 1 ersichtlich. Der Hahn *V* ist durch ein ganz kurzes Zweigrohr mit der Rohrleitung  $\varphi$ — $\chi$  verbunden.

Die Analyse wird in folgender Weise ausgeführt. Man sieht zuerst nach, ob in den Pipetten etwas Wasser — zum Anfeuchten der Luft — über dem Quecksilber ist, weiter, ob die zur Absorption der Kohlensäure dienende Lauge im Capillarrohre des Absorptionsgefäßes (*X*) an der Marke ( $\mu$ ) steht; wo nicht, bringt man sie genau dahin. Die Probe wird nun durch Senken des Quecksilberbehälters *XVI* und Oeffnen der betreffenden Hähne entweder direct aus der Leitung oder aus dem Behälter  $\varphi_1$  (Taf. V, Fig. 1) hereingenommen, wobei die Vorsicht gebietet, die Capillaren mit der zu analysirenden Luft zuerst auszuwaschen. Nach Absperrung der betreffenden Hähne ist es wünschenswerth, dass ein gelinder Ueberdruck in der Pipette *II* vorhanden ist. Lässt man nun durch den einen Weg des Hahnes  $\chi$  diesen Luftüberschuss austreten, so erhält man in der Pipette *II* Atmosphärendruck, ohne Gefahr zu laufen, irgend welche fremde Luft durch die sehr engen Capillaren hereinzubekommen. Jetzt wird (durch den Hahn *VI*) die Pipette *I* ebenfalls mit der Aussenluft in Verbindung gesetzt. Die Scala wird in *II* auf 0, in *I* auf etwa 0.5 eingestellt. Nun wird das Indexrohr (*VII*) durch die Hähne *VI* und *V* je mit der Pipette *I* und *II* verbunden, die zu der Pipette *II* gehörende Scala auf 0 gestellt, weiter auch der Index, wenn er nicht schon auf 0 steht, mit Hülfe der Quetschschraube (Mikrometerschraube)  $m_1$  auf 0 (d. h. so, dass der Nullstrich den Index in 2 Hälften theilt) eingestellt. Man hat nun nachzusehen, ob sich die Einstellungen im Laufe einer Minute ändern. Sobald dies nicht der Fall ist, zeichnet man die Ablesung der Scala *I* an, und geht weiter. Der Hahn *V* wird nun nach allen Seiten hin geschlossen, der Hahn *VIII* aber geöffnet; die Luft dann aus *II* ins Absorptionsgefäß *X* hineingetrieben, wieder in *II* zurückgebracht, dasselbe nochmals wiederholt; nun wird das Niveau der Lauge an der Marke ( $\mu$ ) eingestellt, der Hahn *VIII* geschlossen und der Hahn *V* geöffnet. Hat sich die Einstellung des Quecksilberniveaus in *I* geändert, wird es in

die Anfangslage zurückgebracht. Mit Hülfe der Quetschschraube (Mikrometerschraube)  $m_2$  wird nun das Quecksilber in II so gestellt, dass der Index auf 0 bleibt, und dann abgelesen. Ist der Kohlensäuregehalt über 4 pro Mille, so kann der Index nicht mit Hülfe der Scala II allein auf 0 gebracht werden, sondern man muss dann mit der Scala I fortsetzen, d. h. das Quecksilberniveau in I so weit senken, bis der Index auf 0 zurückkehrt. Nach der Formel 1) S. 18 wird dann das Resultat ausgerechnet. Nach beendigter Analyse treibt man die Luftprobe durch Quecksilber aus.

Wie bei jeder an feuchtem Gase vorgenommenen Absorptionsanalyse erhält man auch hier Resultate, die sich auf Trockenheit beziehen. Wo es aber wie hier auf ein genaues Berechnen des absoluten Kohlensäuregehaltes der Luft ankommt, muss man eine Correction für den Einfluss des in der Respirationskammerluft befindlichen Wasserdampfes anbringen. — Wird der durch Analyse gefundene Kohlensäuregehalt mit  $\beta$  bezeichnet, der corrigirte mit  $\beta_k$ , der Feuchtigkeitsdruck der Kammerluft mit  $p$ , und der Barometerstand mit  $B$ , so gilt folgende Gleichung

$$2) \quad \beta_k = \beta \left( 1 - \frac{p}{B} \right)$$

Da die Grösse  $\frac{1}{B}$  klein ist, so kann für viele Fälle (stets, wenn das Wasser nicht bestimmt werden soll) eine approximative Bestimmung von  $p$  ausreichen. Wir haben dies in den Analysenresultaten mit „approx.“ angegeben.

#### d. Die Genauigkeit der Methode.

Auf Grund gemachter Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft äussert A. Palmqvist:<sup>1</sup> „Die Differenz zwischen zwei Analysen derselben Luft übersteigt selten ein Hunderttausendstel des ganzen Volumens.“ Wir haben die von Palmqvist angeführten, aus 307 doppelt gemachten Proben erhaltenen Ziffern mit Hülfe der kleinsten Quadratmethode näher geprüft, wobei der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Bestimmung ( $\varrho$ ) = 0.0000064 wird. Um unsere Arbeit zu controliren, machten wir nach Ausführung von 126 doppelt gemachten Proben die gleiche Berechnung, wobei ein wahrscheinlicher Fehler = 0.0000063 erhalten wurde (0.0063 pro Mille). Diese Ziffer gilt, wenn die beiden Luftproben aus einem Glasbehälter

<sup>1</sup> A. Palmqvist, *Bih. t. K. Sv. Vet. Akad. Handl.* Bd. XVIII, Abth. II, Nr. 2, S. 5.

genommen waren. Bei Proben, welche so gleichzeitig wie möglich aus der Rohrleitung geholt waren — wobei Mangel an Homogenität der Luft und andere Factoren von Bedeutung waren — wurde der wahrscheinliche Fehler (aus 66 doppelten Proben berechnet) = 0.0000087 (= 0.0087 pro Mille). Um im Folgenden anzugeben, ob zwei oder mehrere gleichzeitige Proben aus der Rohrleitung geholt sind, haben wir diese mit bezw. I), II), III) u. s. w. bezeichnet.

Es wäre ja denkbar, dass die Methode zwar übereinstimmende Resultate gäbe, jedoch mit irgend einem constanten Fehler behaftet sei. Ein solcher würde sich jedoch bei den Controlversuchen (siehe unten) bemerkbar gemacht haben, was aber nicht der Fall gewesen ist. Die Methode mit Hülfe einer anderen zu probiren, hat deswegen keinen Sinn, weil es keine andere Methode giebt, die hinlängliche Genauigkeit darbietet.<sup>1</sup>

#### e. Instrumente zur Bestimmung des Luftdruckes und der Temperatur.

Bei den Versuchen wurde ein gewöhnliches Heberbarometer mit Glas-scala angewandt. Temperaturcorrection wurde nach gewöhnlichen Tabellen ausgeführt. Wir haben den corrigirten Barometerstand nur in ganzen Millimetern angegeben. Zur Bestimmung der Temperatur benutzten wir theils Quecksilberthermometer, theils auch sogenannte Distanzthermometer (Luftthermometer). Erstere waren in  $\frac{1}{6}$  oder  $\frac{1}{10}$  Grad eingetheilt und mit Hülfe eines Normalthermometers<sup>2</sup> genau justirt. Die Distanzthermometer waren deswegen nothwendig, weil die Temperatur an einigen Stellen gemessen werden musste, wo keine Gelegenheit zur Ablesung vorhanden war, z. B. an verschiedenen Stellen der Respirationsskammer. Die Construction dieser Instrumente, die von E. P. Bonnesen<sup>3</sup> angegeben ist, ist sehr einfach. Ein trockene Luft enthaltender Behälter von etwa 300<sup>ccm</sup> ist an der Stelle, wo die Temperatur gemessen werden soll, aufgesetzt. Derselbe steht durch ein capillares Bleirohr mit dem sonst offenen Schenkel eines Barometers in Verbindung. Das System ist also von der atmosphärischen Luft abgesperrt, weshalb die Variationen des Quecksilberniveaus in der Barometerröhre nur von der Temperatur des Behälters abhängen. Um Fehler durch Undichtigkeiten oder Oxydation möglichst zu vermeiden, ist der Behälter aus Glas

<sup>1</sup> Vgl. O. Pettersson, *Zeitschr. f. anal. Chemie.* XXV, S. 477.

<sup>2</sup> Angefertigt von Franz Müller, Bonn. Controlirt bei dem Kaiserl. Reichs-Aich-Amte.

<sup>3</sup> Schwed. Patent 1880, No. 205.

angefertigt. Die Ablesung geschieht in dem Apparatenzimmer, wo die Barometerröhren neben einander (Taf. II  $A_1$ ) aufgesetzt sind. Die betreffenden Behälter waren an folgenden Stellen angebracht:

1. in der Mitte der Respirationskammer (Taf. III  $B$ );
2. in der oberen Ecke über dem grossen Fenster;
3. in der Ausströmungsöffnung der Luft aus der Kammer;
4. unterhalb der „Schleuse“, die mit dem Apparatenzimmer communicirt.

Wir haben im Folgenden die betreffenden Distanzthermometer mit  $B, C, D, E$  bezeichnet. In Betreff der Genauigkeit dieser Instrumente muss erwähnt werden, dass sie nicht mit der von gewöhnlichen Quecksilberthermometern wetteifern kann. Zwar ist der Fehler durch den schädlichen Raum der Rohrleitung sehr unbedeutend. Die längste hier vorkommende Röhre fasst etwa 3 Procent vom Volumen des betreffenden Behälters; weil aber dieser „schädliche Raum“ zum grössten Theil innerhalb der Respirationskammer verlegt ist, wo überall beinahe die nämliche Temperatur waltet, so bleibt er fast ohne Bedeutung. Dagegen kommt ein anderer Fehler vor, der ziemlich schwer zu erklären ist. Sämmtliche Distanzthermometer zeigen nämlich ein fortdauerndes Nachsinken, wie folgende graphische Tabelle (Fig. 1) zeigt. Die Ab-

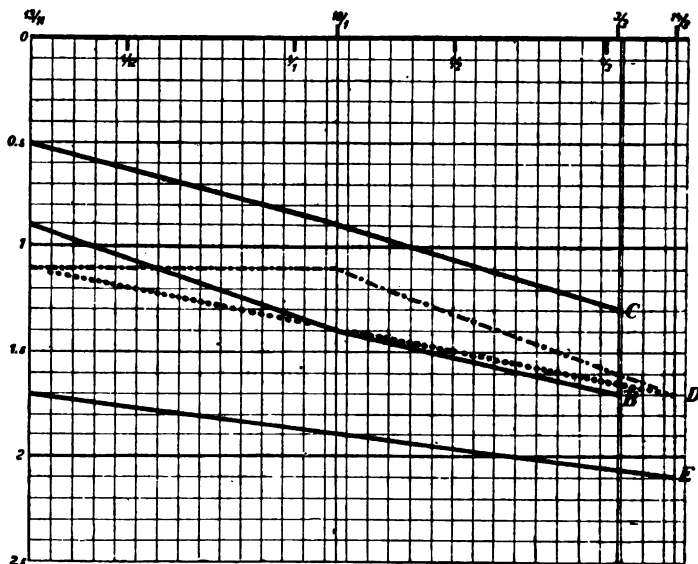


Fig. 1.

scisse giebt die Zeit, die Ordinate den Thermometergrad an, um welchen das betreffende Thermometer zu niedrig zeigt. Mit Ausnahme von  $D$ ,

bei welchem irgend eine zufällige Störung stattgefunden hat, haben sich die übrigen so regelmässig geändert, dass gute Correctionen angebracht werden können. Bei dem Thermometer *D* scheint der Fehler nicht über 0.3 Grad gestiegen zu sein. Ausserdem ist das Thermometer *D* keiner Berechnung zu Grunde gelegt; dasselbe ist nur deswegen abgelesen worden, um eine Controle zu haben, dass keine grössere Differenz existire zwischen der Temperatur des Raumes und der aus dem Raume abgehenden Luft. Bei 84 willkürlich gewählten Serien von Thermometerablesungen war die mittlere Differenz  $\frac{B+C+E}{3} - D = 0.3^{\circ}$  und die grösste beobachtete Differenz =  $0.9^{\circ}$ .

#### f. Vorkehrungen zu einem Respiationsversuche.

Die allgemeinen Vorkehrungen sind zweierlei, theils solche, die nur zuweilen vorgenommen werden, theils auch solche, die bei jedem Versuche wiederholt werden müssen. Erstere sind:

1. Controliren des Wasserstandes der Gasuhren. — Weil die kleine Gasuhr mit nicht verdampfendem Paraffinöl gefüllt ist, bezieht sich das Controliren nur auf die beiden grossen Uhren. Wie schon erwähnt, können diese aber Monate lang ohne jede Justirung bleiben.

2. Controliren der hydraulischen Verschlüsse. Bei Abheben der betreffenden Deckel tröpfelt ein wenig Sperrflüssigkeit (Paraffinöl) weg, weshalb man dann und wann nachsehen muss, ob noch genug da ist.

3. Justirung der Thermometer, speciell der Distanzthermometer (vgl. oben).

Vor jedem Versuche hat man Folgendes nachzusehen:

1. Die Respiationskammer muss gut gelüftet sein. Das Auslüften geschieht am zweckmässigsten unmittelbar nach jedem Versuche, wodurch die Kammer für einen neuen stets bereit steht. Wir haben zu dieser Ventilation denselben kleinen Ventilator angewandt, der zum Mischen der Luft dient. Derselbe, welcher dann in ein passendes Gestell eingesetzt wird, saugt die Luft aus dem Freien durch ein offenes Fenster des Apparatenzimmers, weiter durch dieses Zimmer und zuletzt durch die offen gelassene „Schleuse“ *S—S* (Taf. I) in die Respiationskammer herein, und bläst sie durch die Glocke *K* (Taf. III) in die Vorhalle hinaus. Die Luft wird in dieser Weise sehr schnell erneuert, und der Kohlensäuregehalt derselben kann — wie aus den unten angeführten Originalziffern ersichtlich ist — in kurzer Zeit bis auf etwa 0.4 pro Mille herabgesetzt werden.

2. Der Wasserstand der Ventile und der Wasserbehälter des Pumpwerkes muss nachgesehen werden.

3. Die nassen Thermometer der Psychrometer müssen frisch angefeuchtet und mit hinlänglichem Wasservorrath versehen werden.

4. Der Analyseapparat muss auf oben angegebene Weise fertig zur Arbeit sein.

5. Der Behälter  $\mathcal{S}_1$  (Taf. II) muss mit Quecksilber gefüllt sein, und der dazu gehörende Recipient seine untere Lage einnehmen.

6. Die Maschine mit ihren Transmissionen muss nachgesehen und geschmiert werden.

7. Etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde vor dem Versuche muss der Mischungsventilator in Thätigkeit gesetzt werden — um gute Luftmischung zu erhalten.

8. Wägungen von Versuchspersonen (Lampe, Kerze, Wasser o. a.) werden vorgenommen.

Ueberlässt man es dem Laboratoriumdiener, die Maschine, das Pumpwerk und die Psychrometer nachzusehen, sowie auch den Ventilator in Thätigkeit zu setzen — wozu er etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde braucht — so nehmen die übrigen Vorkehrungen zu einem Versuche kaum zehn Minuten in Anspruch. Nach mehrmonatlichem Stehen, wobei alle Gummischläuche erneuert werden mussten, der Analyseapparat auseinander genommen, gewaschen und mit neuer Lauge versehen, Wasser in die Gasuhren und ins Pumpwerk, Oel in die Verschlüsse gegossen werden musste u. s. w., bedurfte es im Ganzen zwei Tage, um den Apparat wieder fertig für die Arbeit zu machen.

### § 3. Das Ausführen eines Versuches.

Bei den ersten Versuchen war die technische Ausführung ein wenig anders, als bei den späteren. Wir untersuchten da nämlich die Luft der Kammer vor dem Eintritt der Versuchsmenschen, von denen sich bei diesen Versuchen gewöhnlich mehrere auf einmal in der Kammer befanden. Der zuerst Eintretende ging etwa  $\frac{1}{2}$  Minute vor der annotirten Anfangszeit, der letzte ebenso lange nach dieser Zeit hinein. Sowie der letzte hereingekommen war, wurde der Deckel aufgelegt und die Maschinerie in Thätigkeit gesetzt. Die Ablesung der Gasuhren, der Thermometer, sowie die Bestimmung der Kohlensäure fand jede  $\frac{1}{2}$  Stunde statt, die Ablesung der Psychrometer öfters. Wir änderten aber bald die Arbeitsweise dahin, dass alle Versuchspersonen auf einmal eintraten, und zwar einige Minuten vor dem eigentlichen Anfang des Versuches, wonach die Kammer geschlossen, und die Maschinerie in Thätigkeit gesetzt wurde. Die erste Ablesung, bezw. Analyse, geschah also erst, nachdem der Apparat in regelmässigen

Betrieb gekommen war. Jetzt folgten, wie vorher, in bestimmten Zeiten Ablesungen und Analysen. Bei den Controlversuchen (mit Lampe oder Kerze) begannen wir den Versuch mit dem Einschieben des betreffenden Objectes. Nachdem es durch Anschaffung des Behälters  $\vartheta_1$  (Taf. II, IV und V) möglich wurde, durch einfaches Umdrehen eines Hahnes eine Luftprobe in einem gewissen Momente zu entnehmen, so wurde es einer einzigen Person ohne Schwierigkeit möglich, einen Respirationsversuch allein auszuführen, wenn er nicht durch lange Zeitdauer (z. B. 24 Stunden) 2 Arbeitende voraussetzte. Zwar hat man einige Operationen und Ablesungen innerhalb  $\frac{1}{2}$  Minute auszuführen (Ablesen der Gasuhren und des einen Psychrometers, Umdrehen des Hahnes zur Entnahme der Luftprobe); die übrigen Ablesungen der Thermometer und des Barometers brauchen nicht so eilig vorgenommen zu werden, da sich jene Instrumente verhältnissmässig langsam ändern.

Die Ausführung eines Versuches ist am besten aus dem beigelegten Protocolle eines Versuches — vom 16. bis 17. Januar 1895 — ersichtlich (Tab. S. 32 und 33). Die 3 ersten Colonnen enthalten die an den Gasuhren abgelesenen Zahlen. Nach der mit „Zeit“ bezeichneten Colonne folgen 7 andere, die die gemeinsame Bezeichnung „Gasvolumina“ haben. Hier ist die durch die betreffenden Gasuhren I, II und III zwischen 2 Ablesungen fortströmende Luftquantität angegeben, wobei nachher noch die auf Seite 13 erwähnte Correction anzubringen ist. Die Colonne „I + II + III“ giebt die Summe der wirklichen Luftmenge an. Unter  $T_1$ ,  $T_2$  und  $\frac{T_1 + T_2}{2}$  ist die Temperatur der beiden grossen Gasuhren angegeben, sowie auch deren mittlere Temperatur. Der Bequemlichkeit halber haben wir dafür gesorgt, dass, wenn beide Gasuhren benutzt wurden, beinahe dieselbe Luftmenge durch die eine, wie durch die andere Gasuhr fortströmt, wodurch die Temperaturcorrection vereinfacht wird. Bei Gasuhr III wurde auf Grund des kleinen durchgehenden Luftvolumens dieselbe Temperaturcorrection wie bei den anderen benutzt. Die zunächst folgenden Colonnen sind ohne Weiteres verständlich.

Unter „einströmende Luft“ geben die zwei ersten Colonnen die Psychrometerablesung, die dritte den entsprechenden Feuchtigkeitsdruck ( $p$ ) und die vierte den Wasserdampf pro Mille während der betreffenden Periode an. Die nächsten Colonnen geben die entsprechenden Psychrometerablesungen und den Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer an. Unter „CO<sub>2</sub>“ sind die am Analyseapparat abgelesenen Scalentheile („abgelesen“) sowie auch der daraus berechnete Kohlensäuregehalt pro Mille angegeben, berechnet auf trockene Luft.



Die für die Barometerablesung abgesehenen Colonnen bedürfen keiner Erklärung. Schliesslich ist eine Colonne für Bemerkungen vorhanden. Das Protocoll enthält in der oben angegebenen Form alles, was zur Berechnung des in der Respirationskammer während der Periode gebildeten Wasserdampfes und der Kohlensäure erforderlich ist.

### Berechnung der Resultate.

#### Bezeichnungen:

- $A$  = Luftcubus der Respirationskammer (Cubikmeter).  
 $V_1$  = Menge (Cubikmeter) der während der Versuchsperiode aus der Respirationskammer ausströmenden Luft.  
 $V_0$  = Menge (Cubikmeter) der in die Kammer einströmenden Luft.  
 $V_g$  = Menge (Cubikmeter) der die Gasuhren durchströmenden Luft.  
 $T_r$  = Absolute Temperatur ( $273 + t^\circ \text{C.}$ ) der ausströmenden Luft.  
 $T_i$  = Absolute Temperatur der einströmenden Luft.  
 $T_g$  = Absolute Temperatur der Gasuhren.  
 $B$  = Barometerstand (Millimeter), corrigirt für die Temperatur.  
 $p_1$  = Tension des Wasserdampfes (Millimeter) in der Kammerluft am Anfange einer Versuchsperiode.  
 $p_2$  = Tension des Wasserdampfes (Millimeter) in der Kammerluft am Ende der Periode.  
 $p_0$  = Tension des Wasserdampfes in der einströmenden Luft.  
 $p_g$  = Tension des gesättigten Wasserdampfes bei der Temperatur  $T_g$ .  
 $\alpha$  = Kohlensäuregehalt (pro Mille) der äusseren Luft (wo nichts anderes angegeben ist = 0.32).  
 $\beta$  = Kohlensäuregehalt der Kammerluft am Anfange einer Versuchsperiode.  
 $\gamma$  = Kohlensäuregehalt der Kammerluft am Ende der Periode.  
 $\beta_k, \gamma_k$  = betreff. Gehälter, corrigirt nach der Formel 2) Seite 20.  
 $\delta = \gamma_k - \beta_k$ .  
 $C$  = Gewicht (Gramm) Kohlenstoff.  
 $H$  = Gewicht (Gramm) Wasser.  
 $e$  = Basis der natürlichen Logarithmen.  
 $Q = \left(1 - e^{-\frac{V_1}{A}}\right)^{-1}$ .

Wie schon erwähnt, sind vor der endgültigen Berechnung mehrere Correctionen nöthig.

1. Auf Grund der in den Gasuhren abgelesenen Luftmenge ( $V_g$ ) — von einer Temperatur  $T_g$  und einem Feuchtigkeitsdruck  $p_g$  — muss die aus der Kammer weggehende Luftquantität ( $V_1$ ) von einer

Temperatur  $T_r$  und einem Feuchtigkeitsdruck, der annähernd  $= \frac{p_1 + p_2}{2}$  ist, berechnet werden. Die Relation zwischen  $V_1$  und  $V_g$  wird mit hinlänglicher Genauigkeit durch folgende Relation angegeben:

$$\frac{V_1}{V_g} = \frac{T_r(B - p_g)}{T_g \left( B - \frac{p_1 + p_2}{2} \right)} \quad 3)$$

Bei kleinen Ventilationsmengen (5 <sup>obm</sup> und weniger) fällt diese Correction innerhalb der Fehlergrenzen, weshalb sie dann zwecklos ist.

2. Die einströmende Menge Luft muss berechnet werden. Da der in der Kammer gebildete Wasserdampf ein gewisses Volumen Luft verdrängt, wird die einströmende Luftmenge ( $V_0$ ) um diese Quantität kleiner als die ausströmende ( $V_1$ ). Bezeichnet man mit  $h_0$  das Volumen des durch Verflüchtigung von flüssigem Wasser entstandenen Dampfes, mit  $h_1$  aber das Volumen des durch Verbrennung von Wasserstoff (im Beleuchtungsmaterial oder Nahrungsmittel gebunden) entstandenen, so ist das Gesamtvolumen der durch Dampf verdrängten Luft  $= h_0 + \frac{h_1}{2}$  und also

$$V_0 = V_1 - \left( h_0 + \frac{h_1}{2} \right). \quad 4)$$

Nur beim Brennen von Oel, Stearin oder dergl. kann man die Quantität  $h_1$  sicher berechnen.<sup>1</sup> Im Allgemeinen ist es nur möglich, die Summe  $h_0 + h_1$  annähernd zu finden. Im Anfange einer Periode enthält die Kammerluft  $A \frac{p_1}{B}$  Cubikmeter Wasserdampf, am Ende der Periode  $A \frac{p_2}{B}$  Cubikmeter. Die Kammer enthält also am Ende mehr als im Anfang  $= A \left( \frac{p_2 - p_1}{B} \right)$  Cubikmeter. Approx. ist die durch die Ventilationsluft fortgeführte Dampfmenge  $= V_1 \left( \frac{p_1 + p_2}{2B} - \frac{p_0}{B} \right)$ . Die Summe  $h_0 + h_1$  ist also (annähernd)

$$= \frac{1}{B} \left[ A(p_2 - p_1) + V_1 \left( \frac{p_2 + p_1}{2} - p_0 \right) \right]. \quad 5)$$

Die Correction ist kaum nöthig, wenn nicht die Ventilationsmenge 10 <sup>obm</sup> erreicht, weshalb man bei geringeren Zahlen  $V_0 = V_1$  setzen kann.

3. Die gefundene Kohlensäure muss nach der Formel 2) Seite 20 corrigirt werden.

<sup>1</sup> Nach der Gleichung  $4H + O_2 = 2H_2O$   
 Volumen = 0    Volumen = 1    Volumen = 2.

Man kann nun zu der endgültigen Berechnung schreiten.

Die allgemeine, von E. Lenz aufgestellte Formel<sup>1</sup> zur Berechnung gleichförmiger Ventilation eines bekannten Raumes bei constanter Entwicklung von gewissen Gasen und constanter Zusammensetzung der zuströmenden Luft ist bekanntlich die folgende (wobei  $x$  die während der Periode sich entwickelnde Kohlensäure [Cubikmeter] bezeichnet):

$$\frac{1000 x + V_0 \alpha - V_1 \gamma_k}{1000 x + V_0 \alpha - V_1 \beta_k} = e^{-\frac{V_1}{A}}.$$

Dieser Gleichung kann folgende Form gegeben werden:

$$6) \quad x = 0.001 [V_1 (\beta_k + \delta Q) - V_0 \alpha]$$

Ähnlich wird die Wasserdampfmenge ( $y$ ) gefunden:

$$7) \quad y = \frac{1}{B} [V_1 (p_1 - Q \{p_2 - p_1\}) - V_0 p_0]$$

Bei unseren Arbeiten haben wir eine Tabelle über „ $Q$ “, wenn  $\frac{V_1}{A}$  bekannt ist, berechnet. Die Formeln 6) und 7) sind zwar theoretisch richtig; eine nähere Kritik zeigt aber, dass sie nur innerhalb gewisser Grenzen anwendbar sind, sowie auch, dass ihre Genauigkeit bei abnehmender  $V_1$  schnell abnimmt; für  $V_1 = 0$  lassen sich die Formeln nicht appliciren. Beistehende Curve (Fig. 2) zeigt den Werth von  $Q \left[ = \left( 1 - e^{-\frac{V_1}{A}} \right)^{-1} \right]$ , wenn  $V_1$  sich dem Nullwerth nähert. Ein Fehler beim Messen von  $V_1$  multiplicirt sich dabei in sehr ungünstiger Weise. Nehmen wir z. B. an, dass bei  $A = 100 \text{ cbm}$   $V_1 = 2 \pm 0.2 \text{ cbm}$  sei, so liegt  $\frac{V_1}{A}$  zwischen 0.018 und 0.022 und  $Q$  zwischen 55.6 und 45.5. Dem Werthe  $V_1 = 10 \pm 0.2$  aber entspricht

$$Q = 10.75 \text{ oder}$$

$$Q = 10.31$$

und dem Werthe  $V_1 = 30 \pm 0.2$ :  $Q = 3.88$ , bezw. 3.83.

Diese Unannehmlichkeiten umgeht man durch Anwendung einer approximativen Formel, wesentlich nach denselben Principien wie die Formel 5) aufgestellt. Der Zuwachs an Kohlensäuregehalt pro Mille, bezw. an Tension des Wasserdampfes in der Kammerluft ist genau bekannt. Derselbe ist (in Cubikmetern)  $= A\delta$ , bezw.  $= A \frac{p_2 - p_1}{B}$ . Bei kleinen Ventilationsmengen kommt man der Wahrheit sehr nahe, wenn man die durch die Ventilationsluft fortgeführte Kohlensäure einfach aus dem

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Jacoby, Ueber Ventilationsformeln. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XIV, S. 1. 1878.

Product  $V_1 \frac{\beta_k + \gamma_k}{2} \left[ = V_1 \left( \beta_k + \frac{\delta}{2} \right) \right]$  berechnet. Schliesslich erhält man (exact) den Abzug für die durch die atmosphärische Kohlensäure zu-

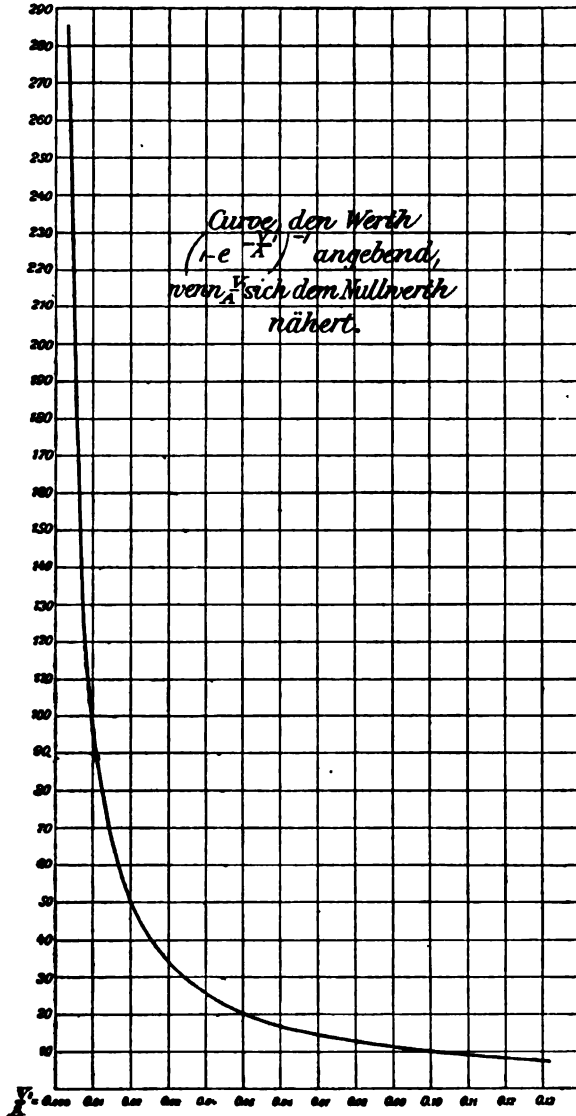


Fig. 2.

geführte Quantität  $\text{CO}_2$  = dem Producte  $V_0 \alpha$ . Die producirt Kohlensäure ( $x$ ) bzw. der Wasserdampf ( $y$ ) ist demnach

$$8) \quad x = 0.001 \left[ A\delta + V_1 \left( \beta_k + \frac{\delta}{2} \right) - V_0 \alpha \right]$$

$$9) \quad y = \frac{1}{B} \left[ A(p_2 - p_1) + V_1 \left( \frac{p_1 + p_2}{2} \right) - V_0 p_0 \right]$$

Ist  $V_0 = 0$ , so sind die Formeln 8) und 9) auch theoretisch exact. Aller Wahrscheinlichkeit nach geben sie aber auch bei ziemlich grossen

Ventilationsmengen (wenigstens bei  $V_1 = 10$ ) ebenso genaue Resultate wie die Formeln 6) und 7). Letztere setzen nämlich eine Gleichmässigkeit der Temperatur, der Ventilationsgeschwindigkeit, der Kohlensäureproduction u. s. w. voraus, welche nur annähernd erreicht wird. Beistehende graphische Darstellung (Fig. 3) des Controlversuches vom 11. November zeigt den Zuwachs der Kohlensäure während des Versuches. Denkt man sich die producierte Kohlensäure durch die Area repräsentirt, die von der Curve  $amnbncde$ , der Ordinate  $ef$  und der Linie  $fa$  begrenzt ist, so würde dies der Berechnung nach Formel 6) entsprechen. Der Formel 8) würde dann aber das Polygon  $abcdefa$  entsprechen. Die Differenz der beiden Flächen ist auffallend klein und für die beiden letzten Perioden kaum wahrzunehmen.

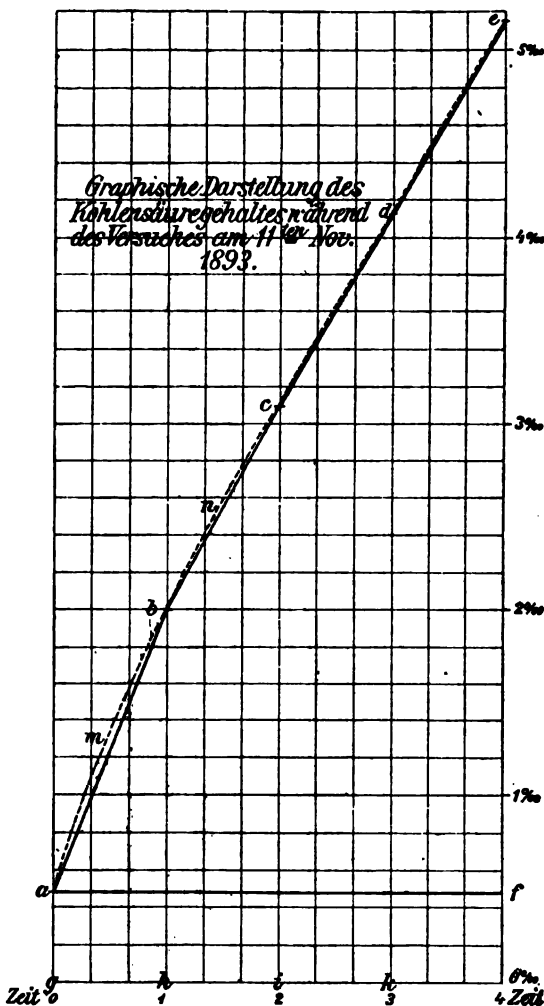


Fig. 3.

Wir sind bei unseren Berechnungen der Regel gefolgt, dass wenn  $\frac{V_1}{A} = 0.1$  oder kleiner ist, so wird die Formel 8), sonst die Formel 6) angewandt. Sind  $x$  und  $y$  gefunden, so werden

$C$  und  $H$  nach den folgenden, von selbst verständlichen Formeln gefunden:

$$C = 0.5363 \times \frac{273}{T_r} \times \frac{B}{760} \times x \quad 10)$$

$$H = 0.8048 \times \frac{273}{T_r} \times \frac{B}{760} \times y \quad 11)$$

$$\text{Die Kohlensäure} = \frac{11}{8} C.$$

Durch Aufstellen von Tabellen haben wir uns die Berechnungen sehr erleichtert.

#### § 4. Die Controlversuche.

Wenn man die einzelnen in der Berechnung vorkommenden Quantitäten innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Fehler variiren lässt, so würde man zwar den Einfluss jeder einzelnen Fehlerquelle einigermaßen beurtheilen können. Weil es aber auf diese Weise nicht möglich wäre, den Gesamtfehler des Versuches auszufinden, so wäre mit der Berechnung nur wenig gewonnen. Um aber die wirkliche Genauigkeit der Methode kennen zu lernen, haben wir eine Reihe von Controlversuchen ausgeführt. Wir haben dann, wie früher Pettenkofer, Voit, Stohmann u. A. eine bekannte Menge analysirtes Brennmaterial in der Kammer verbrennen lassen und die daraus gebildete Kohlensäure, bezw. den Wasserdampf bestimmt. Bei den meisten Versuchen haben wir sogenanntes Astralöl angewandt, nur bei einem Versuche Stearin. Die Zusammensetzung des Oeles war die folgende:

	a.	b.	Mittel
C	85.12	84.95	85.04
H	14.56	14.75	14.65
Verunreinigungen und Verlust	0.32	0.80	0.31
Summa	100.00	100.00	100.00

Das Stearin war in folgender Weise zusammengesetzt:

C	75.04
H	12.45
O	12.51
Summa	100.00

0.2 <sup>m</sup> Docht wog 0.385 g.

**LXXVI. Versuch, den**  
**A., geboren am**

Gasuhren			Zeit	Gasvolumina; Liter						Distanzthermometer					Einstromende Luft	
I.	II.	III.		I.	T <sub>1</sub>	II.	T <sub>2</sub>	III.	Summe I + II + III.	T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> 2	B.	C.	D.	E.	B. C. E. Mittel	Trockene Thermometer Feuchte Thermometer p. Mill.
128500	—	7 6 <sup>h</sup> Nachm.		17.3							19.9	18.5	18.6	20.7	19.7	Wurde in diesen Versuche nicht bestimmt.
				12720				65	12785	17.3						
141220	—	72 8 <sup>h</sup> „		17.3							19.7	18.2	18.6	20.1	19.3	
				12560				58	12618	17.4						
153780	—	125 10 <sup>h</sup> „		17.4							18.8	17.5	17.9	19.5	18.6	
				13220				61	13281	17.5						
167000	—	186 12 <sup>h</sup> „		17.5							18.6	17.1	17.6	19.0	18.2	
				12950				51	13001	17.5						
179950	—	237 2 <sup>h</sup> Vorm.		17.5							17.9	16.9	17.0	18.6	17.8	
				12890				42	12932	17.5						
192840	—	279 4 <sup>h</sup> „		17.5							17.7	16.2	16.7	18.2	17.4	
				12860				47	12907	17.5						
205700	—	326 6 <sup>h</sup> „		17.5							17.4	16.1	16.5	17.8	17.1	
				12920				45	12965	17.5						
218620	—	371 8 <sup>h</sup> „		17.5							16.9	15.8	16.3	17.6	16.8	
				13000				37	13037	17.6						
231620	—	408 10 <sup>h</sup> „		17.6							17.0	15.7	16.1	17.9	16.9	
				12980				33	12963	17.6						
244550	—	441 12 <sup>h</sup> Mitt.		17.6							17.7	16.1	16.5	18.3	17.4	
				12890				36	12926	17.6						
257440	—	477 2 <sup>h</sup> Nachm.		17.6							17.7	16.1	16.5	18.3	17.4	
				12580				30	12560	17.6						
269970	—	507 4 <sup>h</sup> „		17.6							17.7	16.1	16.5	18.1	17.3	
				12080				20	12100	17.6						
282050	—	527 6 <sup>h</sup> „		17.6							17.7	16.1	16.5	18.2	17.3	

16. bis 17. Januar 1895.

31. Mai 1826.

In der Respirations- kammer				CO <sub>2</sub>		Barometer			Anmerkungen.
Trockenes Thermometer	Feuchtes Thermometer	p.	pro Mille	pro Mille	Abgelesene Theilstriche	Abgelesen	Corrigirt	Temperatur	
20.60	12.65	6.1	8.2	0.524	13.1	747	745	18.5	Körpergewicht (mit Kleidern), vor dem Versuch 71.50 <sup>kg</sup> ; nach dem Versuch 71.05 <sup>kg</sup> .
				0.520	13.0				
19.95	12.50	6.3	8.4	0.840	21.0	748	746	18.5	Gewicht der Kleider 4.68 <sup>kg</sup> .
				0.844	21.1				Während des Versuches trank die Versuchsperson 340 <sup>g</sup> Wasser.
19.25	12.05	6.1	8.2	1.060	1+1.5	748	746	18.5	Abendbrot: 155 <sup>g</sup> belegtes Bröckchen, 560 <sup>g</sup> Milch.
				1.072	1+1.8				
18.75	11.95	6.3	8.4	1.200	1+5.0	748	746	18.0	Zwischen 8—9 Uhr Nachm. ins Bett!
				1.196	1+4.9				„ 9—10 „ Vorm. aufstehen!
18.35	11.95	6.5	8.7	1.288	1+7.2	748	746	18.0	Frühstück: 190 <sup>g</sup> belegtes Brötchen, 535 <sup>g</sup> Milch, 145 <sup>g</sup> Kaffee.
				1.280	1+7.0				
17.95	11.85	6.7	9.0	1.364	1+9.1	748	746	18.0	Mittagsessen: 275 <sup>g</sup> Suppe, 5 <sup>g</sup> Brod, 591 <sup>g</sup> Fleisch und Kartoffeln.
				1.364	1+9.1				
17.60	11.65	6.7	9.0	1.440	1+11.0	748	746	17.5	Urin 1375 <sup>ccm</sup> (nur für 23 Stunden gesammelt).
				1.440	1+11.0				
17.40	11.60	6.7	9.0	1.564	1+14.1	748	746	16.5	
				1.564	1+14.1				
17.75	11.80	6.7	9.0	1.628	1+15.7	748	746	17.5	
				1.632	1+15.8				
18.00	12.05	6.9	9.3	1.804	1+20.1	748	746	16.0	
				1.804	1+20.1				
18.05	12.20	7.1	9.5	1.928	1+23.2	748	746	16.5	
				1.920	1+23.0				
17.95	12.05	6.9	9.3	2.088	2+2.2	748	746	16.5	
				2.092	2+2.3				
18.00	12.10	6.9	9.3	2.208	2+5.2	748	746	16.5	
				2.212	2+5.3				



Die Zusammensetzung des Doctes war:

	a.	b.	Mittel
C	42.86	43.07	42.96
H	6.21	6.07	6.14
Sonstige Bestandtheile	50.93	50.86	50.90
Summa	100.00	100.00	100.00

Da das Wiegen der Lampe bzw. Kerze einige Minuten vor dem Anfange und nach dem Ende des Versuches vorgenommen werden musste, war es nöthig, das ausserhalb der Kammer verbrannte Material in Abzug zu bringen. Wäre die Verbrennung vollständig gleichmässig gewesen, so wäre diese Berechnung sehr einfach. In der That änderte sich aber die Verbrennungsgeschwindigkeit langsam im Laufe des Versuches. Um die Correction so richtig wie möglich zu erhalten, nahmen wir an, dass die Verbrennungsgeschwindigkeit vom ersten Wiegen der Lampe bis zum Ende der ersten Versuchsperiode sowie auch vom Anfang der letzten Periode bis zum zweiten Wiegen der Lampe constant sei. Als Beispiel wählen wir einen Versuch vom 11. November 1893 mit vier Perioden, jede zu 30 Minuten. Zwischen dem ersten Wiegen und dem Anfange des Versuches ist die Lampe eine Minute angezündet gewesen, zwischen dem Ende des Versuches und dem zweiten Wiegen drei Minuten. Während der ganzen Zeit (1 + 30 + 30 + 30 + 30 + 3 Minuten) ist 366<sup>g</sup> Oel verbrannt worden. Durch Gasanalyse ist während der betreffenden Perioden gefunden:

Periode	Gramm Kohlenstoff	Astralöl
Zwischen dem Wiegen und Anfang	—	$x$
1	83.2	$y$
2	68.5	$z$
3	73.8	$u$
4	78.1	$v$
Zwischen Ende von „4“ u. dem Wiegen	—	$w$

Ist das verbrauchte Astralöl dem Kohlenstoff proportional, so erhält man:

$$y : z = 83.2 : 68.5$$

$$y : u = 83.2 : 73.8$$

$$y : v = 83.2 : 78.1$$

Weiter ist nach der oben gemachten Annahme:

$$x : y = 1 : 30$$

$$w : v = 3 : 30$$

Schliesslich  $x + y + z + u + v + w = 366$ .

Aus diesen Gleichungen lassen sich die betreffenden Zahlen berechnen.

**Controlversuch A. 14. März 1893.**

**Kleine Lampe.**

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	der einströmenden Luft	in d. Respirationkammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
		Approx.			Approx.						
1 <sup>h</sup> 6'		288.8	290.3	290.0	3.8	4.2	0.414	0.412			
	3.32								11.9	43.5	—
2 <sup>h</sup> 6'		288.8		290.6	—	4.4	0.648	0.644			
	3.36								12.2	44.7	—
3 <sup>h</sup> 6'		288.8		290.7	4.3	4.5	0.880	0.875			
	3.36								12.7	46.6	—
4 <sup>h</sup> 6'		288.9		290.7	—	4.6	1.116	1.109			
	3.47								8.4	30.7	—
5 <sup>h</sup> 6'		288.9		290.8	—	4.8	1.256	1.248			
	3.74								18.9	51.1	—
6 <sup>h</sup> 6'		289.0		290.8	—	4.9	1.500	1.490			
	3.91								8.9	32.6	—
7 <sup>h</sup> 6'		289.0		290.9	4.5	5.1	1.632	1.621			
	6.97								20.9	76.8	—
8 <sup>h</sup> 39'		289.0		290.9	—	5.3	1.956	1.942			
								Sa.	88.9	326.0	—

Kohlensäure der Atmosphäre = 0.32 pro Mille.

Luftcubus der Respirationkammer = 100.5 cbm.

Barometerstand = 745 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 105.4 g.

Dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 89.6 oder Kohlensäure = 328.5.

Gefunden: 88.9 Kohlenstoff oder 326.0 Kohlensäure.

Versuchsfehler: — 0.78 Procent.

## Controlversuch B. 22. März 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasbrenn- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft in der Respira- tionskammer	der einströ- menden Luft in d. Respira- tionskammer	Approx.	beobachtet	correct		C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 27'		289.0	[290?]	290.2	4.25	4.2	0.396 I. 0.400 II. 0.420 III.	0.402			
	12.84								89.2	327	—
12 <sup>h</sup> 57'		289.1		294.4	4.15	5.0	2.068	2.053			
	13.04								86.4	317	—
1 <sup>h</sup> 27'		289.1		295.7	4.10	6.0	3.488	3.460			
	13.14								84.8	311	—
1 <sup>h</sup> 57'		[289.1]		296.6	4.25	6.9	4.698	4.660			
	13.74								80.8	296	—
2 <sup>h</sup> 27'		289.2		297.1	4.00	7.5	5.655 I. 5.685 II.	5.613			
									Sa.	341.2	1251

Kohlensäure der Atmosphäre = 0.32 pro Mille.

Luftcubus der Respirationkammer = 100.5 c<sub>bm</sub>.

Barometerstand = 761 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 393.9 g; dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 335.0 g oder Kohlen-  
säure = 1228.3 g.

Gefunden: Kohlenstoff 341.2 g oder Kohlensäure = 1251 g.

Versuchsfehler: + 1.85 Procent.

## Controlversuch C. 24. März 1893.

## Stearinkerze.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm			
		der Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströ- menden Luft in d. Respira- tionskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
											Approx.
1 <sup>h</sup> 25'		290.1	Die gleiche mittlere Temperatur wie in der Respirationskammer	291.5	3.1	4.5	0.448 I. 0.476 II. 0.476 III. 0.448 IV.	0.459	8.9	32.5	—
	1.76										
2 <sup>h</sup> 25'		290.1		291.6	—	—	0.632	0.628	8.7	32.0	—
	1.87										
3 <sup>h</sup> 25'		290.2		291.6	—	—	0.796	0.791	11.1	40.6	—
	2.37										
4 <sup>h</sup> 45'		290.2		291.6	—	—	1.000	0.994	4.9	18.0	—
	1.23										
5 <sup>h</sup> 25'		290.2		291.5	—	4.9	1.088	1.081	8.5	31.2	—
	1.81										
6 <sup>h</sup> 25'		290.2		291.5	3.1	—	1.240	1.232	7.5	27.3	—
	1.86										
7 <sup>h</sup> 25'		290.3		291.4	—	—	1.368	1.359	9.1	33.4	—
	2.02										
8 <sup>h</sup> 25'		290.3		291.4	—	5.0	1.524	1.514	7.3	27.0	—
	1.92										
9 <sup>h</sup> 26'		290.3		291.5	—	—	1.644	1.633	1.2	4.3	—
	0.20										
9 <sup>h</sup> 31 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> '		290.3		291.5	4.1	5.1	1.664	1.653			
Sa.								67.2	246.3	—	

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand um 1 Uhr 25 Min. . . . = 770 mm

" " 8 " 25 " . . . . = 772 "

Gebrannte Stearinkerze . . . . = 91.1 g

Der Kerze entsprechender Kohlenstoff. . . . = 68.2 "

Der Kerze entsprechende Kohlensäure . . . . = 250.0 "

Gefunden: Kohlenstoff . . . . = 67.2 "

Kohlensäure . . . . = 246.3 "

Versuchsfehler . . . . = -1.47 Proc.

## Controlversuch D. 26. April 1893.

## Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup>		290.0	289.3	292.1	5.15	6.4 <sup>1</sup>	0.712	0.706	86.1	316	135
	19.96										
12 <sup>h</sup> 30'		290.0	289.3	295.0	4.85	7.85 <sup>2</sup>	2.220	2.198	81.4	298	139
	20.58										
1 <sup>h</sup>		290.0	289.3	296.2	5.00	8.30 <sup>3</sup>	3.364	3.327	80.8	296	132
	21.08										
1 <sup>h</sup> 30'		290.0	289.1	296.4	4.60	8.82 <sup>4</sup>	4.271	4.221	80.4	295	135
	21.19										
2 <sup>h</sup>		290.0	289.1	296.9	4.45	9.20 <sup>5</sup>	4.991	4.930			
								Sa.	328.7	1205	541

Luftcubus der Respirationskammer = 100.5<sup>cm</sup>. Barometerstand = 755 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 380.9 g, dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 323.9 g, oder Kohlensäure = 1187.6 g; Wasser = 502 g.

Ausserdem sind aus einem offenen Gefäss 18 g Wasser verdunstet. Gefunden: Kohlenstoff 328.7 g = Kohlensäure 1205 g; Wasser = 541 g.

Versuchsfehler der Kohlensäure = + 1.48 Procent.

do. des Wassers = + 4.0 „

Um einen ungefähren Begriff von den Versuchsfehlern in Betreff des Wassers während der einzelnen Perioden zu erhalten, kann man die aus den Psychrometerobservationen berechneten Wasserquantitäten

<sup>1</sup> Relative Feuchtigkeit 39 Procent, Thaupunkt, absol. Temperatur 277.8°.

<sup>2</sup> „ „ 37 „ „ „ 279.8°.

<sup>3</sup> „ „ 39 „ „ „ 281.6°.

<sup>4</sup> „ „ 41 „ „ „ 282.5°.

<sup>5</sup> „ „ 42 „ „ „ 283.1°.

mit denjenigen vergleichen, die man aus der entstandenen Kohlensäure berechnet (100 g Kohlenstoff des Oeles entspricht 155 g aus dem Wasserstoff entstandenen Wasser). Natürlich hat man das direct verdunstete Wasser — auf die vier Perioden gleichmässig vertheilt — zuzuaddiren, d. h.  $\frac{18}{4}$  Gramm pro Periode. Nachstehende Tabelle zeigt die betreffenden Ziffern.

Periode	Gramm Wasser		Versuchsfehler, wenn die Kohlensäure als richtig angenommen wird, Procent
	Beobachtet	Aus der Kohlensäure berechnet	
1	135	138	- 2.2
2	139	130	+ 6.9
3	132	130	+ 1.5
4	135	129	+ 4.6

Controlversuch E. 19. September 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm			
		inden Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströ- menden Luft	in d. Respira- tionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
Approx.												
1 <sup>h</sup> 11'		288.4	289.3	289.2	[10]	[10.0]	0.560	0.552	}	88.9	326	—
7.63												
1 <sup>h</sup> 41'		288.4	292.4	293.5	—	[10.5]	2.296	2.264		87.4	320	—
9.63												
2 <sup>h</sup> 11'		288.4	293.1	294.3	—	[11.0]	3.840	3.783	}	85.9	315	—
10.00												
2 <sup>h</sup> 41'		288.5	293.7	295.4	—	[12.0]	5.213	5.180		82.6	303	—
10.68												
3 <sup>h</sup> 11'		288.5	294.1	296.0	—	12.9	6.353	6.243				
									Sa.	344.8	1264	

Kohlensäure der Atmosphäre . . . . .	= 0.32 pro Mille
Luftcubus der Respirationskammer . . . . .	= 100.5 <sup>cbm</sup>
Barometerstand (des ganzen Versuches) . . . . .	= 745 mm
In der Lampe verbranntes Oel . . . . .	= 406.3 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . . .	= 345.5 g
Dem Oel entsprechende Kohlensäure . . . . .	= 1266.8 g
Gefunden: Kohlenstoff . . . . .	= 344.8 g
Kohlensäure . . . . .	= 1264.0 g
Versuchsfehler . . . . .	= - 0.2 Proc.

## Controlversuch F. 8. November 1893.

Grosse Lampe und feuchte Laken.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
11 <sup>h</sup> 45'		289.7	280.4	289.2		5.34 <sup>1</sup>	0.788	0.782			
	31.23				5.34				143.5	526	[575]
12 <sup>h</sup> 45'		289.7	281.1	291.7		9.26 <sup>2</sup>	3.112	3.074			
	32.28				5.38				136.8	502	[253]
1 <sup>h</sup> 45'		289.7	281.2	292.7		10.96 <sup>3</sup>	4.673	4.606			
								Sa.	280.3	1028	[828]

Die Laken waren vollständig ausgebreitet, weshalb sie schnell trocken wurden.

Luftcubus der Respirationskammer . . . . .	= 100.5 <sup>cbm</sup>
Barometerstand . . . . .	= 764 mm
In der Lampe gebranntes Oel . . . . .	= 322.0 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . . .	= 273.8 g
Dem Oel entsprechende Kohlensäure . . . . .	= 1003.9 g

<sup>1</sup> Relative Feuchtigkeit 39 Procent; Thaupunkt, absol. Temperatur 275.2°.

<sup>2</sup> " " 58 " " " " 283.2°.

<sup>3</sup> " " 64 " " " " 285.8°.

Dem Oel entsprechendes Wasser . . . . .	=	424.0 g
Aus dem Laken verdunstetes Wasser (approx.)	=	740.0 g
Gefunden: Kohlenstoff . . . . .	=	280.3 g
Kohlensäure . . . . .	=	1028.0 g
Wasser, 1. Stunde . . . . .	=	575.0 g
" 2. " . . . . .	=	[253.0] g

Versuchsfehler der Kohlensäure . . . = +2.37 Proc.

In Betreff des Wassers siehe unten.

### Controlversuch G. 11. November 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
2 <sup>h</sup> 5'		290.2	284.9	288.3		5.95 <sup>1</sup>	0.480	0.476			
	12.37				5.72				83.2	305	121
2 <sup>h</sup> 35'		290.2	285.4	292.0		7.05 <sup>2</sup>	2.020	2.001			
	12.26				5.72				68.5	251	113
3 <sup>h</sup> 5'		290.3	286.0	293.2		7.95 <sup>3</sup>	3.120	3.087			
	12.81				5.80				73.8	271	114
3 <sup>h</sup> 35'		290.3	286.3	293.8		8.75 <sup>4</sup>	4.191	4.183			
	12.57				5.87		4.171		78.1	286	91
4 <sup>h</sup> 5'		290.2	285.7	294.4		9.25 <sup>5</sup>	5.210	5.146			
								Sa.	303.6	1113	439

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand . . . . . = 760 mm

<sup>1</sup>	Relative Feuchtigkeit	46 Procent;	Thaupunkt, absol. Temperatur	276.7°.
<sup>2</sup>	"	"	43	"
<sup>3</sup>	"	"	45	"
<sup>4</sup>	"	"	48	"
<sup>5</sup>	"	"	49	"





Controlversuch J. 6. März 1894.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>b</sup> 41'		290.7	287.9	288.4		4.50 <sup>1</sup>	0.456	0.453			
	12.17				4.11				172.4	632	249
2 <sup>b</sup> 41'		290.6	289.3	293.8		6.78 <sup>2</sup>	3.772	3.688			
	12.53				3.90				168.5	618	216
3 <sup>b</sup> 41'		290.6	289.5	294.8		8.49 <sup>3</sup>	6.569	6.495			
									Sa.	340.9	1250
										465	

Luftcubus der Respirationskammer . . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand . . . . . = 750 mm

In der Lampe verbranntes Oel . . . . . = 398.0 g

Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . . . = 338.5 g

Dem Oel entsprechendes Wasser . . . . . = 525.0 g

Gefunden: Kohlenstoff . . . . . = 340.9 g

Kohlensäure . . . . . = 1250.0 g

Wasser, 1. Stunde . . . . . 249 g

2. „ . . . . . 216 g

insgesamt = 465.0 g

Versuchsfehler der Kohlensäure . . . . . = + 0.71 Proc.

„ des Wassers . . . . . = - 11.9 „

Wird das während des Versuches gebildete Wasser nach der Kohlensäure ausgerechnet, so erhält man:

1. Stunde = 267.0 g — Fehler<sup>4</sup> = - 6.7 Procent.

2. „ = 261.0 g — „ = - 17.2 „

Auch hier zeigt eine vermehrte Luftfeuchtigkeit in der Kammer eine vergrößerte Absorption des Wassers (vgl. unten).

<sup>1</sup> Relative Feuchtigkeit 35 Procent; Thaupunkt, absol. Temperatur 272.8°.

<sup>2</sup> „ „ 87 „ „ „ „ 278.6°.

<sup>3</sup> „ „ 44 „ „ „ „ 281.9°.

<sup>4</sup> Wenn der Kohlenstoff richtig angenommen wird.

## Controlversuch K. 6. April 1894.

(Von Dr. J. E. Johansson ausgeführt.)

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup>		291.1	289.2	291.1	7.2?] <sup>1</sup>	5.7	0.432 0.428 0.436	0.429	137.3	503.4	[192]
	14.1										
1 <sup>h</sup>		291.1	290.3	294.8	5.9	7.5	2.972 2.988	2.951			
	14.3								132.2	484.7	221
2 <sup>h</sup>		291.1	291.3	296.1	5.7	9.4	5.114 5.106	5.058			

Kohlensäure der Atmosphäre . . . . . = 0.308 pro Mille

Luftcubus der Respirationskammer . . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand . . . . . = 764 mm

In der Lampe verbranntes Oel . . . . . = 322.0 g

Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . . . = 273.8 g

„ „ entsprechende Kohlensäure . . . . . = 1004.0 g

„ „ entsprechendes Wasser . . . . . = 424.0 g

Gefunden: Kohlenstoff . . . . . = 269.5 g

Kohlensäure . . . . . = 988.0 g

Wasser<sup>1</sup> . . . . . = 413.0 g

Versuchsfehler des Kohlenstoffes . . . . . = -1.57 Procent

„ des Wassers . . . . . = -2.6 „

<sup>1</sup> Unter der Annahme, dass der Feuchtigkeitsdruck der äusseren Luft = 5.8 mm (durchschnittlich) ist.<sup>2</sup> Der Werth 7.2 ist augenscheinlich unrichtig. Ist die Ablesung erfolgt gleich nachdem der Apparat in Betrieb gesetzt worden ist, so entstehen immer derartige Fehler.



Die mit dem Pettenkofer'schen Apparate ausgeführten Controlversuche haben in Betreff der Kohlensäure keine besseren Resultate gegeben. — Die ersten 7 Controlversuche Pettenkofer's gaben zwar einen mittleren Fehler von 0.6 Procent;<sup>1</sup> bei den später von Carl und Ernst Voit und J. Forster veröffentlichten<sup>2</sup> Untersuchungen, welche die Verfasser mit specieller Rücksicht auf die Wasserbestimmung anstellten, waren die Resultate folgende:

Jahr	Mittlerer Fehler (Procent)	Zahl der Control- versuche	Seite
1863	2.13	6	130
1871	0.79	10	138
1872	1.76	1	141
1873	1.25	4	145, 153
1874	2.64	5 <sup>3</sup>	171
1874	3.45	5	171
1874	2.18	5 <sup>3</sup>	173
1874	3.12	5	173

Der mittlere Fehler sämtlicher 48 Bestimmungen = 1.96 Procent. — Stohmann<sup>4</sup> erhielt mit seinem nach demselben Princip eingerichteten Respirationsapparat als Mittel von 13 Bestimmungen einen Fehler von 1.45 Procent. Mit dem kleinen Respirationsapparat Voit's war der Fehler (Mittel von 5 Bestimmungen) 1.76 Procent.<sup>5</sup> Leyden und Fränkel erhielten mit einem nach demselben Princip construirten Apparat einen Fehler (Durchschnitt von 5 Bestimmungen) = 1.58 Procent.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Pettenkofer, *Ann. d. Ch. u. Pharm.* II. Suppl. S. 42 ff., 51. 52. 1863.

<sup>2</sup> C. & E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XI, S. 126 ff. 1875.

<sup>3</sup> Die Probe geglüht.

<sup>4</sup> Stohmann, *Landwirthschaftl. Versuchsst.* Bd. XIX, S. 93. 1876.

<sup>5</sup> Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XI, S. 577. 1875.

<sup>6</sup> Leyden und Fränkel, *Arch. f. pathol. Anat.* Bd. LXXVI, S. 150. 1879.

Controlversuch M.<sup>1</sup> November 1893.

Nasse, zusammengefaltete Laken.

Zeit	Durch die Gasbrenn- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Gefundenes Wasser  Gramm	Bemerkungen.
		in den Gasbrenn-	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer		
11 <sup>h</sup> Vorm.		290	286	290.1	5.20	8.50	70	Relative Feuchtigkeit in der Respirationkammer = 59 Procent
11 <sup>h</sup> 15'	8.1	—	—	290.0	5.05	8.90		
11 <sup>h</sup> 30'	8.3	—	—	290.0	4.95	9.05		
11 <sup>h</sup> 45'	8.5	—	—	289.9	4.95	9.25		
12 <sup>h</sup>	7.8	—	—	289.9	4.80	9.35		
12 <sup>h</sup> 15'	9.0	—	—	289.9	4.60	9.42	50	Relative Feuchtigkeit = 66 Procent
12 <sup>h</sup> 30'	7.9	—	—	289.9	4.30	9.50	48	
12 <sup>h</sup> 45'	8.6	—	—	289.9	3.95	9.50	47	
1 <sup>h</sup>	8.3	—	—	289.9	4.10	9.50	47	
1 <sup>h</sup> 15'	9.3	—	—	289.9	4.35	9.50	50	
1 <sup>h</sup> 30'	8.6	—	—	290.0	4.30	9.56	52	Relative Feuchtigkeit = 66 Procent
Sa.							513	

Luftcubus der Respirationkammer . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand . . . . . = 745 mm

Aus den Laken verdunstetes Wasser . . . = 586 g

Gefundenes Wasser . . . . . = 513 g

Versuchsfehler . . . . . = -12.5 Procent.

<sup>1</sup> Vgl. K. Sondén, *Fukten i Tegelbyggnader. Bih. t. Stockholms Stads Helsevårdsnämnds årsberättelse 1892*. Stockholm 1893. S. 51.

**Controlversuch N.<sup>1</sup> November 1893.****Nasse, zusammengefaltete Laken.**

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Gefundenes Wasser, Gramm	Bemerkungen.
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströ- menden Luft	in der Respi- rationskammer		
					Mittel			
11 <sup>h</sup>	44.1	ca. 290	290.0	295.2	5.11	10.8	395	Relative Feuchtigkeit in der Respirationsskammer = 54 Procent.
1 <sup>h</sup>		—	290.6	295.8		12.0		

Luftcubus der Respirationsskammer . . . . . = 100.5 cbm

Barometerstand . . . . . = 754 mm

Aus den Laken abgedampftes Wasser . . . . . = 420 g

Gefundenes Wasser . . . . . = 395 g

Versuchsfehler . . . . . = - 6.0 Procent.

*In der folgenden Tabelle sind die Resultate in Betreff des Wassers — unter Weglassung des notorisch falsch ausgeführten Versuches F. — zusammengestellt.*

Versuch	Wasser		Differenz	Versuchsfehler %
	Berechnet	Gefunden		
D.	520	541	+21	+ 4.0
G.	466	439	-27	- 5.8
J.	525	465	-60	-11.4
K.	424	413	-11	- 2.6
M.	586	513	-73	-12.5
N.	420	395	-25	- 6.0
				Mittel 7.1

Für 4 Versuche ist es möglich gewesen, das Wasser nach der Kohlensäure (vgl. Seite 39) zu berechnen. In der nachstehenden Tabelle sind die betreffenden Ziffern zusammengestellt.

<sup>1</sup> Vgl. Bemerkung S. 47.

Periode	Versuch D.				Versuch G.				Versuch J.			
	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler
I.	138	135	-3	-2.2	129 <sup>1</sup>	121	-8	-6.2	267	249	-18	-6.7
II.	130	139	+9	+6.9	106	113	+7	+6.6				
III.	130	132	+2	+1.5	114	114	0	0	261	216	-45	-17.2
IV.	129	135	+6	+4.6	121	91	30	-24.8				

In Betreff des Wassers haben wir leider zu wenige Bestimmungen gemacht. Sowohl unsere als auch frühere Versuche haben jedoch gezeigt, dass man auf viele anscheinend unwichtige Umstände Rücksicht nehmen muss, um brauchbare Resultate zu bekommen. Aus diesem Grunde darf man nur aus grossen Reihen von Versuchen allgemein gültige Schlüsse ziehen — wenn auch die Versuche einer gewissen Serie gut ausgefallen sind. Unsere Controlversuche sind aus dem Grunde auf eine geringe Anzahl beschränkt, weil die ersten — vor Anwendung des Psychrometers ausgeführten — misslungen waren, weshalb wir die Wasserbestimmung beinahe aufgegeben hätten. Die ausgeführten Versuche waren eigentlich nur deshalb gemacht, um zu prüfen, welcher Werth den im 2. Abschnitt angeführten Wasserbestimmungen zugemessen werden könnte. Die Versuche M und N sind zu einem Zwecke ausgeführt, der auf unsere Untersuchungen im Uebrigen keine Beziehung hat.

Die Tabelle Seite 48 zeigt eine entschiedene Tendenz der Wasserbestimmung, zu niedrig auszufallen. Das nämliche scheint auch der Fall in Betreff der letzten Perioden der im 2. Abschnitt mitzutheilenden Wasserbestimmungen gewesen zu sein. Es wäre sonst eigenthümlich, dass die Wasserproduction der Versuchspersonen in der dritten Periode fast immer viel grösser als in der vierten ist.

Die grössten Verluste sind nämlich sowohl bei den Control- als auch bei den anderen Versuchen immer während der letzten Perioden zu finden, was aber nur auf wirklicher Absorption des Wasserdampfes durch die Wände der Kammer sowie durch die Möbel beruhen kann. — Stohmann<sup>2</sup> hat auf gewichtsanalytischem Wege bewiesen, 1) dass eine

<sup>1</sup> Vgl. die Bemerkungen S. 41.

<sup>2</sup> Stohmann, *Die landwirthschaftl. Versuchsst.* XIX, S. 104.



solche Absorption von Wasserdampf entstehe, wenn mit Oelfarbe angestrichenes Metall feuchter Luft ausgesetzt wird, und 2) dass eine Wasserabgabe wieder erfolgt, wenn die Luft trockener wird. Das Phänomen, das durchaus nicht mit gewöhnlicher Condensation zu verwechseln ist, kann auch an gewissen Hygrometern beobachtet werden, wo feuchte Luft nur mit Glas in Berührung kommt. Das so absorbierte Wasser bleibt an den Wänden haften, wenn auch letztere eine viel höhere Temperatur besitzen, als der Thaupunkt der Luft der Umgebung. Dieses Wasser kann auch nicht als sichtbare Feuchtigkeit mit den Augen erkannt, sowie auch nicht durch Löschpapier oder Leinwand weggeschafft werden (wie C. und E. Voit und J. Forster<sup>1</sup> anzunehmen scheinen). Weil aber die Absorption zwar nicht der Luftfeuchtigkeit der Respirationskammer mathematisch proportional, jedoch einigermassen von derselben abhängig ist, so scheint die Absorption am geringsten sein zu müssen, wenn die relative Feuchtigkeit constant bleibt. Die Versuche deuten auch dahin. — Durch die brennende Lampe wird sowohl die Temperatur erhöht als auch die absolute Feuchtigkeit vermehrt, wodurch die relative Feuchtigkeit eine Zeit lang ziemlich constant gehalten werden — ja sogar heruntergehen — kann. Das nämliche gilt einigermassen für die Versuche am Menschen.

Mit der steigenden Temperatur vergrössert sich aber auch der Wärmeverlust durch die Wände der Respirationskammer, wodurch die Temperatur immer langsamer steigt, um unter Umständen constant zu bleiben. Ein constanter Zuwachs der absoluten Feuchtigkeit bewirkt nun auch einen Zuwachs der relativen. Dieser Zuwachs scheint die von uns erhaltenen Differenzen sehr gut zu erklären; und weil die Versuche mit Lampe eher besser als schlechter als die mit direct verdampfendem Wasser ausgefallen sind, haben wir durchaus keine Veranlassung, irgend welche unvollständige Verbrennung des Astralöles anzunehmen oder die Erklärung für die mangelnde Genauigkeit der Wasserbestimmungen hierin zu suchen.

Bei verhältnissmässig kleinen Wasserdampfmengen und geringen Variationen der relativen Feuchtigkeit — jedoch natürlich nicht so klein, dass die Variationen innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler fallen — scheinen die Resultate zwar nicht sehr gut, aber doch für gewisse Berechnungen, speciell in hygienischer Hinsicht, brauchbar zu sein.

---

<sup>1</sup> C. und E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biologie*. Bd. X, S. 134.

In Betreff des Wassers haben sich auch bei den früheren Versuchen Schwierigkeiten eingestellt. Zwar hat Pettenkofer bei seinen ersten Versuchen befriedigende Resultate erhalten: bei 5 Versuchen einen Maximifehler von  $-6.7$  Procent und einen mittleren von  $4.4$  Procent. Zwei folgende Reihen zeigten indessen ungünstigere Resultate. Wenn man zwei Versuche ausschliesst, die mit wissentlichen Fehlern behaftet waren, so bleibt für die übrigen vier Versuche ein Maximifehler von  $-8.7$  Procent und ein durchschnittlicher von  $6.4$  Procent.

Um der Sache auf den Grund zu gehen, unternahmen C. und E. Voit und J. Forster eine Untersuchung,<sup>1</sup> bei der sie den Apparat sowie auch die Versuchsmaterialien so zu sagen Stück für Stück prüften. Nach einer rein colossalen Arbeit gaben sie als Resultat an, dass der Fehler auf unvollständiger Verbrennung des Stearins beruhte. Wenn sie das Wasser direct abdampfen liessen, erhielten sie folgendes Resultat:

Zeit	Wasser		Differenz	Procent Fehler
	Berechnet	Gefunden		
26. Januar 1874	439.6	445.8	+ 6.2	+ 1.4
29. " "	275.6	294.1	+ 18.5	+ 6.7
2. Februar "	93.6	101.6	- 8.0	- 8.5
26. " "	404.3	428.8	+ 19.5	+ 4.8
3. März "	588.7	609.8	+ 20.6	+ 3.5
2. April "	650.8	691.9	+ 41.1	+ 6.3

Nach Wegschaffen noch einer Fehlerquelle, mit welcher diese Versuche behaftet waren, erhielten sie:

Zeit	Wasser		Differenz	Procent Fehler
	Berechnet	Gefunden		
8. April 1874	471.0	456.8	- 14.2	- 3.0
13. " "	657.9	641.2	- 16.7	- 2.5
16. " "	459.7	443.7	- 16.0	- 3.5

In Betreff der Application der Beobachtungen der obigen Verfasser über unvollständige Verbrennung des Stearins auf das von uns an-

<sup>1</sup> C. und E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biologie*. Bd. X, S. 126—186. 1875.

gewandte Astralöl haben wir schon eine Andeutung gemacht. Neben dem dort angegebenen Grunde, weshalb keine derartige unvollständige Verbrennung anzunehmen sei, erinnern wir noch daran, dass man beim Brennen von Petroleum in dem Geruche ein ausserordentlich scharfes Reagenz unverbrannter oder halbverbrannter Stoffe besitzt. Wir haben solche Producte niemals mit dem Geruche erkennen können. Ob durch Dissociation gebildeten Wassers freier Wasserstoff entstanden ist, können wir gegenwärtig nicht entscheiden. Es ist dann nur die Frage zu beantworten, weshalb die Kohlensäure — die sonst verhältnissmässig leicht zersetzbar ist — nicht an dieser Dissociation Theil genommen hat. Bei unseren Untersuchungen haben wir nichts beobachtet, was eine unvollständige Verbrennung oder Dissociation andeutet.

Wie schon früher angegeben ist, schliessen wir uns vollständig der Erklärung Stohmann's an. Seine Controlversuche<sup>1</sup> sind durch Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in der Respirationskammer und Bestimmung des Wassers durch Gewichtsanalyse ausgeführt. In zwei grösseren Reihen theilt er die Resultate von 48 Versuchen mit. Die Fehler wechseln zwischen  $-27.4$  Procent und  $+11.3$  Procent in der einen und zwischen  $-17.7$  und  $+21.6$  Procent in der anderen Reihe, bei welcher letzteren angegeben wird, dass einigen Fehlern des Apparates abgeholfen worden ist. Als wesentlichen Grund der Fehler betrachtet Stohmann, wie vorher erwähnt, die Absorption, deren ungefähre Maximigrösse er mit Hülfe von Probewägungen angestrichenen Metallbleches in Luft von verschiedener Feuchtigkeit berechnet. — Stohmann giebt an, dass bei beständiger Witterung sich bessere Resultate gezeigt haben, als bei wechselnder, was ja bei seiner Apparathconstruction sehr natürlich ist. Etwas anders verhält sich die Sache, wenn man, wie öfters bei unserem Apparat, nur eine verhältnissmässig kleine Portion frische Luft während des Versuches hereinlässt. Die Aenderungen der Feuchtigkeit geschehen hier langsam, und sind bei kürzeren Versuchen oft sehr gering, wenn auch die Witterung ziemlich wechselt. Hoffentlich werden kommende Untersuchungen zeigen, wie man die Fehler möglichst vermeiden und also mit besserem Erfolg arbeiten kann.

---

<sup>1</sup> Vergl. Seite 49.

## Zweiter Abschnitt.

## Ueber die Grösse der Kohlensäure-Ausscheidung bei Menschen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechts.

## § 1. Geschichtliche Einleitung.

Die einzigen bis jetzt vorliegenden grösseren Beobachtungsreihen über die Grösse der Kohlensäureabgabe bei Menschen in verschiedenem Alter und von verschiedenem Geschlecht verdanken wir Scharling, Andral und Gavarret, Speck.

Nach der im ersten Abschnitt (S. 4) schon beschriebenen Methode untersuchte Scharling die Kohlensäureabgabe bei sechs Individuen, indem er an einer und derselben Versuchsperson diese zu verschiedenen Stunden des Tages während verschiedener Tage bestimmte. Die Dauer jedes einzelnen Versuches betrug in der Regel etwa eine Stunde; bei einigen Versuchen war die Beobachtungszeit länger, oft aber auch nur  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Stunde.

Weil die zu verschiedenen Stunden des Tages an einer und derselben Versuchsperson ausgeführten Bestimmungen nicht an einem und demselben Tage vorgenommen, sondern auf viele verschiedene Tage vertheilt sind, können diese Beobachtungen nicht dazu benutzt werden, um die Frage zu beantworten, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages variirt.

Um zahlenmässig festzustellen, wie die Kohlensäureabgabe von dem einen Individuum zum anderen variirt, nimmt Scharling das Mittel sämmtlicher bei einer und derselben Versuchsperson ermittelten Werthe, wobei er die geringere Kohlensäureabgabe während des Schlafes in Anrechnung bringt, indem er annimmt, dass ein erwachsener Mensch in der Regel etwa 7 Stunden, ein Kind etwa 9 Stunden zum Schlafen verwendet.

In dieser Weise erhält er die in der Tabelle Seite 54 oben mitgetheilten Werthe.

Aus diesen Versuchen zieht Scharling unter Anderem die folgenden Schlussfolgerungen: Männer produciren mehr Kohlensäure als Frauen desselben Alters; Kinder produciren in gleichen Zeitabschnitten verhältnissmässig mehr Kohlensäure als Erwachsene.<sup>1</sup>

Die Versuche von Andral und Gavarret beziehen sich auf eine erheblich grössere Zahl von Versuchsindividuen. Dagegen betrug die

<sup>1</sup> Scharling, *Annalen d. Chemie u. Pharmacie*. Bd. XLV, S. 214—242. 1848.

Versuchsperson	Körpergewicht kg <sup>1</sup>	C in 24 St. g	CO <sub>2</sub> in 24 St. g	CO <sub>2</sub> in 1 St. g	CO <sub>2</sub> in 1 St. pro kg g
Knabe, 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Jahre alt	22	183.1	488	20.3	0.923
Mädchen, 10 „ „	23	125.4	460	19.2	0.835
Jüngling, 16 „ „	58	224.4	823	34.3	0.591
Mädchen, 19 „ „	56	165.9	608	25.3	0.452
Mann, 28 „ „	82	239.7	879	36.7	0.448
Mann, 35 „ „	66	219.5	805	33.3	0.505

Versuchsdauer bei jedem einzelnen Versuch nur 8 bis 13 Minuten und die Versuchspersonen athmeten in der früher besprochenen Weise durch eine Gesichtsmaske (vgl. S. 3).

Die Zahl der Versuche über den Einfluss des Alters, des Geschlechtes und der Körperconstitution auf die Kohlensäureabgabe beträgt 75; sie sind auf 62 verschiedene Individuen, 36 Männer und 26 Frauen vertheilt.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Zahlen von Andral und Gavarret, auf 1 Stunde berechnet. Leider geben die Autoren das Körpergewicht ihrer Versuchspersonen nicht an.

#### Männliche Individuen.

Alter der Versuchs- individuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO <sub>2</sub> pro Stunde g
8	mittelmässig	5.0	16.7
10	gut entwickelt	6.8	24.9
11	„	7.6	27.9
12	mittelmässig	7.4	27.1
12	sehr gut entwickelt	8.3	30.4
14	mittelmässig	8.2	30.1
15	„	8.7	31.9

<sup>1</sup> Scharling giebt das Körpergewicht seiner Versuchsindividuen in dänischen Pfunden an; wir haben sie in Kilogramm reducirt unter der Annahme, dass 1 dänisches Pfund = 0.5 kg.

Alter der Versuchs- individuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO <sub>2</sub> pro Stunde g
16½	gut entwickelt	10.2	37.4
17	„	10.2	37.4
18	„	11.1	40.7
19	„	11.2	41.1
20	„	11.2	41.1
24	mittelmässig	11.1	40.7
24	„	11.6	42.5
26	äusserst gut entwickelt	14.1	51.7
26	mittelmässig	11.0	40.3
27	gut entwickelt	11.8	43.3
28	„	12.4	45.5
31	„	11.1	40.7
32	„	11.5	42.2
33	mittelmässig	10.7	39.2
37	„	10.7	39.2
40	sehr gut entwickelt	12.1	44.4
41	mittelmässig	10.4	38.1
45	sehr lang und dünn	8.6	31.5
48	gut entwickelt	10.5	38.5
50	„	10.7	39.2
51	mittelmässig	10.1	37.0
54	sehr gut entwickelt	10.6	38.9
59	mittelmässig	10.0	36.7
60	äusserst gut entwickelt	13.6	49.9
63	„	12.4	45.5
64	schwach	8.7	31.9
68	mittelmässig	9.6	35.2
76	schwach	6.0	22.0
92	äusserst gut entwickelt	8.8	32.3
102	Atrophie durch Alter	5.9	21.7

## • Weibliche Individuen.

Alter der Versuchs- individuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO <sub>2</sub> pro Stunde g
10	gut entwickelt	6.0	22.0
11	„	6.2	22.8
13	mittelmässig	6.3	23.1
15 $\frac{1}{2}$	sehr gut entwickelt	7.1	26.1
15 $\frac{1}{2}$	mittelmässig	6.3	23.1
19	sehr gut entwickelt	7.0	25.7
22	gut entwickelt	6.7	24.6
26	schwach	6.0	22.0
26	mittelmässig	6.3	23.1
32	„	6.2	22.8
45	„	6.2	22.8
88	„	7.8	28.6
42	gut entwickelt	8.3	30.5
43	sehr gut entwickelt	8.6	32.3
44	„	9.9	36.3
49	mittelmässig	7.4	27.2
52	„	7.5	27.5
56	„	7.1	26.1
63	„	6.9	25.3
66	„	6.8	25.0
76	sehr gut entwickelt	6.6	24.2
82	mittelmässig	6.0	22.0

Aus diesen experimentellen Daten ziehen Andral und Gavarret unter Anderem die folgenden Schlussfolgerungen:

Während aller Stadien des menschlichen Lebens, vom 8. Jahre bis zum höchsten Alter, producirt der Mann mehr Kohlensäure als die Frau. Die Differenz tritt im Alter zwischen 16 und 40 Jahren am schärfsten hervor; während dieser Periode producirt der Mann in der Regel etwa doppelt so viel Kohlensäure als die Frau.

Beim Manne nimmt die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vom 8. bis zum 30. Lebensjahre ununterbrochen zu, und dieser Zuwachs wird beim Eintritt der Pubertät plötzlich sehr gross. Vom 30. Lebensjahre fängt die Kohlensäureproduction an abzunehmen, und die Abnahme wird um so grösser, je mehr sich der Mann der oberen

Altersgrenze des Lebens nähert, bei welcher die Kohlensäureabgabe bis auf den Werth beim 10. Lebensjahre herabsinkt.

Bei der Frau nimmt während des ganzen späteren Kindesalters die Kohlensäureabgabe nach denselben Gesetzen wie beim Manne zu. Beim Eintritt der Pubertät und der Menstruation hört dieser Zuwachs, im Gegensatz zu dem, was beim Manne der Fall ist, plötzlich auf und bleibt constant so lange die Menstruation normal stattfindet. Beim Eintritt in das klimakterische Alter nimmt die Kohlensäureabgabe in einem höchst wesentlichen Grade zu, um dann, ganz wie beim Manne, bei einem noch höheren Lebensalter wieder abzunehmen.

Bei beiden Geschlechtern und bei jedem Lebensalter ist die durch die Lungen abgegebene Kohlensäuremenge um so grösser, je kräftiger die Körperconstitution und je mehr entwickelt das Muskelsystem des Individuums ist.<sup>1</sup>

Neulich hat Speck einige hierher gehörige Beobachtungen mitgetheilt. Dieselben sind in der folgenden Tabelle, in welcher wir, um den Vergleich mit den anderen Beobachtungen zu erleichtern, die Kohlensäureabgabe in Gramm pro 1 Stunde berechnet haben.

Geschlecht und Alter	Körpergewicht kg	CO <sub>2</sub> pro 1 Stunde g	CO <sub>2</sub> pro 1 Stunde und 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> g
Mädchen, 10 Jahre alt . . . .	25	17.3	0.696
Knabe, 13 „ „ . . . .	38	28.2	0.614
Mädchen, 20 „ „ . . . .	47	22.6	0.484
„ 17 „ „ . . . .	51—52	27.0	0.507
Jüngling, 17 „ „ . . . .	55	30.9	0.566
Frau, 24 „ „ . . . .	58	28.4	0.401
Mann, 50 „ „ . . . .	62	27.6	0.448
„ 31 „ „ . . . .	72	31.5	0.487
„ 57 „ „ . . . .	62	25.5	0.413

Aus diesen Zahlen folgert Speck, dass die Kohlensäureabgabe langsamer als das Körpergewicht zunimmt; ein leichter Körper bildet also verhältnissmässig mehr Kohlensäure, als ein schwererer.

Unter sonst annähernd gleichen Umständen bildet das männliche Geschlecht etwas mehr Kohlensäure, als das weibliche.

<sup>1</sup>) Andral und Gavarret, *Annales de chimie et de physique*. 3. Série. Bd. VIII, S. 129—150. 1843.



In den Jahren der Entwicklung und des Wachstums ist die Kohlensäurebildung grösser als unter sonst annähernd gleichen Umständen beim Erwachsenen. Zwischen reifem und beginnendem höheren Alter (31 und 50 Jahre) besteht kein Unterschied; die  $\text{CO}_2$ -Bildung nimmt aber in höheren Jahren (57 Jahre) merklich ab.

Muskelkräftige Personen liefern mehr Kohlensäure als unter sonst annähernd gleichen Verhältnissen schwache.<sup>1</sup>

## § 2. Eigene Untersuchungen.

Unser Respirationsapparat eignet sich ganz besonders für Untersuchungen, wie die Kohlensäureabgabe zu einer gewissen Zeit des Tages bei Individuen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechtes variirt. Wegen des grossen Cubikinhaltes der Respirationskammer konnte man nämlich zu gleicher Zeit bis zu anderthalb Dutzend Individuen dorthin bringen, ohne dass die Luft bei einem kurzdauernden Versuch derartige Veränderungen erlitt, dass diese in irgend einer Weise auf den normalen Gasaustausch des Menschen hinderlich gewesen wäre. Wir konnten also durch einen einzigen Versuch einen Mittelwerth erhalten, welcher aus Beobachtungen an 6 bis 18 Individuen hergeleitet war.

Alle unsere hierher gehörigen Versuche dauerten 2 Stunden und wurden, mit Ausnahme von 4 Versuchen, Vormittags angestellt. Die Versuchsindividuen sassen still und durften nicht in der Kammer herumgehen. Dies wurde auch in der Regel nach unserem Wunsch durchgeführt, obgleich wir bei gewissen Altersklassen von Knaben Schwierigkeiten begegneten. Wir sahen uns daher gezwungen, an den betreffenden Altersklassen die Versuche zu wiederholen.

Unsere Versuchsindividuen hatten ein paar Stunden vor dem Versuche gefrühstückt — die Ergebnisse beziehen sich also nicht auf die Kohlensäureabgabe beim Hunger.

Ferner erhielten die Versuchspersonen bei den meisten Versuchen etwas Aepfel und Bonbons oder dergl. Wie aus den unten mitzutheilenden Versuchsprotocollen hervorgeht, ist jedoch die hierdurch entstandene Zufuhr von Nahrungsstoffen im grossen Ganzen so gering, dass sie die Kohlensäureabgabe in keinem nennenswerthen Grade hat

---

<sup>1</sup> Speck, *Schriften d. Gesellsch. zur Beförderung d. ges. Naturwiss. zu Marburg*. Bd. XII, Abth. 3. 1889. — *Physiologie des menschlichen Athmens*. Leipzig 1892. S. 215—244.

steigern können, wie daraus hervorgeht, dass die Kohlensäureabgabe während der späteren Perioden des Versuches in der Regel geringer als im Beginne des Versuches gewesen ist. Hätte die erhaltene Kost irgend welche erheblichere Steigerung der Kohlensäureabgabe während der Versuchsdauer hervorgerufen, so hätte natürlich das entgegengesetzte Verhalten stattgefunden.

Diese Versuche sind also sämtlich unter einander vollständig vergleichbar und daher gut geeignet, die Frage von den Variationen der Kohlensäureabgabe bei Individuen verschiedenen Alters und Geschlechts aufzuklären. Dagegen können sie natürlich nicht als Ausdruck der absoluten Kohlensäureabgabe während eines ganzen Tages verwendet werden, denn sowohl aus früheren Untersuchungen wie auch aus unseren eigenen, später mitzuteilenden Beobachtungen wissen wir, dass die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages sehr erhebliche Schwankungen darbietet.

Es wäre aber eine mehrjährige Arbeit nöthig gewesen, um durch 24stündige Versuche ein genügend umfangreiches Material zum Entscheiden der Frage, wie gross die Kohlensäureausscheidung bei Individuen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechtes sei, zu erhalten, denn in dieser Beziehung genügt es ja nicht, für jede Altersklasse nur ein einziges Individuum zu beobachten, sondern man muss die Untersuchung auf mehrere derselben Gruppe zugehörige Individuen ausdehnen, damit die daraus erhaltene Zahl als eine Durchschnittszahl gelten mag.

Ausserdem bezweckten wir mit diesen Untersuchungen ein practisches Ziel zu erreichen, nämlich eine thatsächliche Unterlage zur Berechnung des Ventilationsbedarfes in öffentlichen Localen, und ganz besonders in Schulen zu gewinnen. Zu diesem Zwecke müsste man vor allem wissen, wie viel Kohlensäure von verschiedenen Gruppen von Schülern ausgeschieden wird. Die bisher vorliegenden Angaben hierüber, welche wir im ersten Paragraph zusammengestellt haben, sind viel zu spärlich, um als Normalzahlen dienen zu können.

Um diese praktisch-hygienische Frage beantworten zu können, war es natürlich am zweckmässigsten, die Versuche an Individuen in demselben körperlichen Zustande anzustellen, in welchem sie sich in der Schule befinden. Nun kommen ja die Schüler früh morgens in die Schule, gleich nachdem sie ihre erste Mahlzeit genossen haben. Nach beendigten Schulstunden am Morgen erhalten sie eine Rast von ein paar Stunden, während welcher sie ihr Frühstück geniessen; gleich nachher kehren sie wieder in die Schule zurück.

Während aller Schulstunden dauert also bei den Schülern die Verdauungsarbeit fort und es war daher — hinsichtlich der praktischen Frage, zu deren Lösung unsere Versuche wesentlich angestellt wurden — fast nothwendig, dass die Versuche während der gewöhnlichen Schulzeit und als sich die Versuchsindividuen in demselben körperlichen Zustande wie in der Schule befanden, angestellt wurden.

Da also die Versuche an Schulkindern unter diesen Verhältnissen ausgeführt werden mussten, ist es selbstverständlich, dass dasselbe auch mit den Versuchen an Erwachsenen stattfinden sollte, weil sonst die Ergebnisse der letzteren Versuche mit denjenigen an Schulkindern nicht genau vergleichbar gewesen wären. Bei gewissen Altersclassen war es uns jedoch unmöglich, Versuche am Vormittag anzustellen und wir waren daher gezwungen, die betreffenden Versuche zwei bis drei Stunden nach dem Mittagessen vorzunehmen. Auch bei diesen Versuchsindividuen fand also während des Versuchs die Verdauungsarbeit statt.

Wir geben zu, dass es vom rein theoretischen Gesichtspunkte aus vielleicht zweckmässig gewesen wäre, wenn die Versuche frühmorgens beim Hunger ausgeführt worden wären. Ausser der praktischen Hinsicht, welche uns bestimmte, diese Versuche später am Vormittage auszuführen, sprach gegen einen solchen Versuchsplan auch die Schwierigkeit, ja die Unmöglichkeit, zu derartigen Versuchen Versuchsindividuen in genügender Zahl zu erhalten, da man ja in der Regel nicht gern sieht, dass Kinder, ehe sie etwas genossen haben, ausgehen und als Versuchsobjecte ein paar Stunden lang benutzt werden.

Die Kohlensäurebestimmungen wurden in der Regel jede halbe Stunde gemacht. Hierdurch ward es uns möglich, die Variationen der Kohlensäureabgabe während Perioden von einer halben Stunde zu verfolgen.

Bevor wir zur Mittheilung unserer Versuche übergehen, ist es uns eine angenehme Pflicht, dem Herrn Doctor H. Hernlund, Rector der Neuen Elementarschule, und Fräulein E. Fahnehjelm, Vorsteherin der Wallin'schen höheren Töchioerschule in Stockholm, unseren wärmsten Dank dafür darzubringen, dass sie uns die Gelegenheit gegeben haben, unsere Versuche an ihren Schülern auszuführen.

#### A. Männliche Individuen.

Unsere Versuche an männlichen Individuen sind 18 an der Zahl und an 122 verschiedenen Individuen im Alter zwischen 7 und 57 Jahren ausgeführt.

## Versuch XXXIII. 17. Januar 1894.

6 Knaben aus einer Volksschule. Mittleres Alter 7 Jahre 314 Tage. Mittleres Körpergewicht 20.1 <sup>kg</sup>. Während der Versuchsdauer genossen die Knaben 595 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 755 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströ- menden Luft	in d. Respira- tionskammer	be- obachtet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 45'		290.1	296.0	293.9	6.95	7.05	0.604 I. 0.612 II.	0.602			
	2.46								16.9	62	—
1 <sup>h</sup> 15'		290.1	296.0	294.8	8.0	6.0	0.940	0.931			
	2.72								19.6	72	—
1 <sup>h</sup> 45'		290.1	296.6	295.2	8.8	6.95	1.316	1.304			
	2.61										
2 <sup>h</sup> 15'		290.1	296.6	295.7	9.9	—	—	—	38.9	143	—
	2.77										
2 <sup>h</sup> 45'		290.1	297.2	295.9	10.6	7.05	2.036 I. 2.040 II.	2.019			
									Sa.	75.4	277 —

<sup>1</sup> Hier und in den folgenden Versuchsprotocollen versteht sich das Körpergewicht immer ohne Kleider, wenn nichts anderes ausdrücklich bemerkt wird.

## Versuch XIII. 31. October 1893.

6 Knaben aus der 1. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 9 Jahre 217 Tage. Mittleres Körpergewicht 27.5<sup>kg</sup>. Während der Versuchsdauer genossen die Knaben 2.7<sup>kg</sup> Aepfel und 725<sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 756<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		290.3	285.3	289.9		6.4	0.644	0.639			
1 <sup>h</sup> 45'	13.84	290.3	284.9	290.3	4.67	7.0	1.160	1.149	29.6	109	88
	13.29				4.71				29.7	109	107
2 <sup>h</sup> 15'	13.88	290.3	284.6	290.7	4.78	7.7	1.616	1.600	26.2	96	68
2 <sup>h</sup> 45'	13.88	290.3	284.0	291.0	4.78	7.95	1.948	1.928	22.8	84	56
3 <sup>h</sup> 15'	13.53	290.3	283.6	291.1	4.78	8.05	2.172	2.149			
Sa.									108.3	398	

## Versuch XII. 30. October 1893.

6 Knaben aus der 2. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 10 Jahre 180 Tage. Mittleres Körpergewicht 28.4<sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 1.94<sup>kg</sup> Aepfel und 220<sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 754<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		290.2	285.8	290.8		6.4	0.484	0.480			
1 <sup>h</sup> 45'	14.52	290.2	286.0	291.9	4.59	7.5	1.240	1.227	40.7	149	146
	14.53				4.61				29.6	109	118
2 <sup>h</sup> 15'	14.82	290.2	285.8	291.6	4.71	8.2	1.680	1.662	23.1	85	96
2 <sup>h</sup> 45'	14.68	290.2	285.4	291.9	4.68	8.6	1.936	1.914	23.2	85	81
3 <sup>h</sup> 15'		290.2	285.1	292.0		8.8	2.160	2.135			
Sa.									116.6	428	

## Versuch XVI. 15. November 1893.

6 Knaben aus der 2. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 10 Jahre 192 Tage. Mittleres Körpergewicht 80.2 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 2.18 <sup>kg</sup> Aepfel und 1750 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 754 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		289.9	282.8	291.9		6.6	0.664	0.658			
1 <sup>h</sup> 45'	14.97	289.9	282.8	292.1	4.22	7.5	1.220	1.208	32.1	118	133
2 <sup>h</sup> 15'	15.35	289.9	281.9	292.2	4.23	8.0	1.560	1.548	25.0	92	106
2 <sup>h</sup> 45'	15.61	289.9	281.4	292.2	4.18	8.4	1.856	1.835	25.8	93	105
3 <sup>h</sup> 15'	15.53	289.9	281.2	292.2	3.97	8.7	2.186	2.111	26.6	98	103
								Sa.	109.0	401	

## Versuch XI. 28. October 1893.

6 Knaben aus der 3. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 11 Jahre 186 Tage. Mittleres Körpergewicht 32.7 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 2.29 <sup>kg</sup> Aepfel und 650 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 744 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		290.0	286.5	292.4		7.3	0.560	0.555			
1 <sup>h</sup> 45'	13.10	290.0	286.9	292.8	6.13	8.4	1.156	1.143	32.4	119	134
2 <sup>h</sup> 15'	12.92	290.0	286.6	293.0	6.23	9.2	1.708	1.687	33.7	124	115
2 <sup>h</sup> 45'	13.02	290.0	287.0	293.1	6.26	9.6	2.044	2.018	26.1	96	83
3 <sup>h</sup> 15'	13.06	290.0	286.9	293.3	6.28	10.4	2.520	2.485	35.5	130	131
								Sa.	127.7	469	

## Versuch XVIII. 25. November 1893.

6 Knaben aus der 3. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 11 Jahre 143 Tage. Mittleres Körpergewicht 81.6 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 1.232 <sup>kg</sup> Aepfel. A = 100.4. B = 758 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'	14.32	288.9	277.0	291.3	2.60	4.40	0.690	0.688	30.9	113	124
1 <sup>h</sup> 45'	15.19	288.9	276.0	291.3	3.02	5.30	1.216	1.207	28.0	103	85
2 <sup>h</sup> 15'	14.81	288.9	275.4	291.2	3.24	5.75	1.608	1.596	26.1	96	67
2 <sup>h</sup> 45'	14.61	288.9	275.0	290.9	3.30	6.00	1.916	1.901	24.8	91	64
3 <sup>h</sup> 15'		288.9	274.8	290.7		6.20	2.160	2.142			
Sa.									109.8	403	

## Versuch X. 24. October 1893.

6 Knaben aus der 4. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 12 Jahre 173 Tage. Mittleres Körpergewicht 84.1 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 1.79 <sup>kg</sup> Aepfel. A = 100.4. B = 755 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'	18.17	289.5	285.0	291.5	3.80	6.2	0.600	0.595	30.8	113	118
1 <sup>h</sup> 45'	18.43	289.5	284.7	291.9	3.71	7.0	1.148	1.137	25.2	92	88
2 <sup>h</sup> 15'	18.43	289.5	284.7	292.0	3.71	7.4	1.520	1.505	29.1	107	114
2 <sup>h</sup> 45'	18.54	289.5	284.5	292.1	3.65	8.0	1.920	1.900	26.3	96	81
3 <sup>h</sup> 15'		289.5	283.9	292.1		8.2	2.216	2.192			
Sa.									111.4	408	

## Versuch IX. 23. October 1893.

6 Knaben aus der 5. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 13 Jahre 38 Tage. Mittleres Körpergewicht 37.6 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 1.80 <sup>kg</sup> Aepfel und 410 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 750 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasbrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	be- obach- tet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
1 <sup>h</sup> 15'	14.13	289.4	286.5	289.9	4.42	6.9	0.680	0.674	43.3	159	186
1 <sup>h</sup> 45'	14.44	289.4	286.5	290.6	4.39	8.3	1.452	1.436	38.6	142	138
2 <sup>h</sup> 15'	13.82	289.4	286.5	291.1	4.18	9.05	2.032	2.007	38.3	140	122
2 <sup>h</sup> 45'	14.05	289.4	286.3	291.3	4.12	9.55	2.540	2.508	34.2	125	109
3 <sup>h</sup> 15'		289.4	285.4	291.3		9.85	2.900	2.862			
								Sa.	154.4	566	

## Versuch XV. 13. November 1893.

6 Knaben aus der 5. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 13 Jahre 813 Tage. Mittleres Körpergewicht 44.5 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 2.4 <sup>kg</sup> Aepfel und 702 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.3. B = 762 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasbrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	be- obach- tet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
1 <sup>h</sup> 15'	13.54	289.6	[283.0]	290.7	5.3	6.8	0.764	0.757	37.7	138	146
1 <sup>h</sup> 45'	13.97	289.6	283.0	291.3	5.3	7.95	1.412	1.397	35.3	129	115
2 <sup>h</sup> 15'	14.06	289.6	283.0	291.7	5.25	8.65	1.928	1.906	37.0	136	88
2 <sup>h</sup> 45'	14.12	289.6	282.9	292.0	5.25	9.0	2.408	2.380	35.7	131	120
3 <sup>h</sup> 15'		289.6	282.9	292.1		9.6	2.800	2.765			
								Sa.	145.7	534	



## Versuch VIII. 21. October 1893.

6 Knaben aus der 6. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 14 Jahre 199 Tage. Mittleres Körpergewicht 45.3 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 2.0 <sup>kg</sup> Aepfel und 385 <sup>g</sup> Wasser. A = 100.4. B = 760 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
1 <sup>h</sup> 15'		289.3	286.7	292.0		7.9	0.752	0.744			
1 <sup>h</sup> 45'	11.92	289.3	286.6	292.4	5.17	8.9	1.400	1.384	36.7	135	140
2 <sup>h</sup> 15'	11.43	289.3	287.0	292.5	5.20	9.6	1.920	1.896	33.4	123	117
2 <sup>h</sup> 45'	9.83	289.8	286.7	292.7	—	10.25	2.392	2.360	32.3	118	111
3 <sup>h</sup> 15'	13.33	289.3	286.3	292.7	5.45	10.7	2.888	2.847	89.9	146	114
								Sa.	142.3	522	

## Versuch VI. 13. October 1893.

12 Knaben aus der 7. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 15 Jahre 196 Tage. Mittleres Körpergewicht 51.4 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Knaben 2.3 <sup>kg</sup> Aepfel. A = 99.9. B = 750 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
1 <sup>h</sup> 15'		290.3	288.2	291.4		10.6	1.196	1.179			
1 <sup>h</sup> 45'	11.75	290.3	289.3	292.7	7.12	13.3	2.444	2.401	69.2	254	322
2 <sup>h</sup> 15'	11.86	290.3	289.3	293.5	6.74	14.4	3.400	3.335	61.3	225	194
2 <sup>h</sup> 45'	12.25	290.3	289.0	293.8	6.52	14.9	4.339	4.253	67.2	246	151
3 <sup>h</sup> 15'	12.06	290.3	289.2	294.1	6.54	15.6	5.853	5.242	75.5	277	172
								Sa.	273.2	1002	

## Versuch VII. 14. October 1893.

12 Knaben aus der 8. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 17 Jahre  
 86 Tage. Mittleres Körpergewicht 55.5<sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen  
 die Knaben 2.0<sup>kg</sup> Aepfel. A = 99.9. B = 750<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	be- obach- tet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		290.0	288.8	290.5		9.05	0.880	0.869			
1 <sup>h</sup> 45'	11.20	290.0	289.4	292.5	6.57	12.00	2.392	2.354	80.9	297	335
2 <sup>h</sup> 15'	7.45	290.1	289.8	293.6	6.42	14.20	3.688	3.618	72.3	265	266
2 <sup>h</sup> 45'	13.29	290.1	288.8	294.0	6.16	15.00	4.637	4.544	70.7	259	191
3 <sup>h</sup> 15'	13.18	290.1	289.0	294.4	6.06	16.30	5.504	5.384	72.0	264	254
Sa.									295.9	1085	

## Versuch XIV. 7. November 1893.

6 Knaben aus der 9. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 19 Jahre  
 186 Tage. Mittleres Körpergewicht 59.5<sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen  
 die Knaben 1.15<sup>kg</sup> Aepfel. A = 100.2. B = 765<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	be- obach- tet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15'		290.0	280.3	289.2		5.5	0.640	0.635			
1 <sup>h</sup> 45'	14.42	290.0	280.0	289.9	3.85	6.65	1.312	1.301	38.9	143	149
2 <sup>h</sup> 15'	14.14	290.0	279.7	290.2	3.84	7.5	1.844	1.826	35.8	131	133
2 <sup>h</sup> 45'	14.11	290.0	279.0	290.6	3.89	7.7	2.220	2.198	31.2	114	74
3 <sup>h</sup> 15'	14.28	290.0	278.8	290.8	3.89	7.9	2.596	2.569	33.9	124	79
Sa.									139.8	512	

## Versuch XXI. 6. December 1893.

6 junge Leute aus der Technischen Hochschule. Mittleres Alter 22 Jahre 341 Tage.  
Mittleres Körpergewicht 65.3 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Individuen nichts. A = 100.2. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationalkammer	der einströmenden Luft	in der Respirationalkammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	obm										
6 <sup>h</sup>	13.26	288.1	280.5	289.7	8.67	4.45	0.484	0.481	33.2	122	150
6 <sup>h</sup> 30'	13.47	288.1	280.6	290.3	8.60	5.75	1.084	1.076	30.8	113	121
7 <sup>h</sup>	13.22	288.1	281.0	290.8	8.62	6.6	1.560	1.546	29.3	107	83
7 <sup>h</sup> 30'	13.57	288.1	281.0	291.0	8.62	7.0	1.956	1.938	30.5	112	101
8 <sup>h</sup>		288.1	281.9	291.0		7.5	2.320	2.297			
Sa.									128.8	454	

## Versuch I. 29. März 1893.

12 Männer, Studierende der Medicin. Alter 25 bis 30 Jahre. Mittleres Körpergewicht 67.5 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Individuen nichts.  
A = 99.5. B = 757 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationalkammer	der einströmenden Luft	in d. Respirationalkammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	obm					Approx.					
9 <sup>h</sup> 26'		288.9	285	289.4		4.6	0.556 I. 0.556 II. 0.556 III.	0.552			
	14.10				4.2				62.6	230	—
9 <sup>h</sup> 56'		288.9	—	291.2		7.8	1.704	1.686	62.2	228	—
	14.15					8.3	2.696	2.666	63.1	231	—
10 <sup>h</sup> 26'		288.9	—	292.5		9.7	3.556	3.510	63.3	232	—
	15.08					10.1	4.354	4.295			
10 <sup>h</sup> 56'		288.9	—	293.0							
	13.48										
11 <sup>h</sup> 26'		288.9	—	293.6							
Sa.									251.2	921	

Versuch LXII. 2. November 1894.

5 Männer. Mittleres Alter 34 Jahre 262 Tage. Mittleres Körpergewicht 68.3 kg.  
Während der Versuchsdauer genossen die Versuchsindividuen im Ganzen 45<sup>g</sup>  
Wasser. A = 100.4. B = 754 bis 753 mm

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	be- obachtet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
6 <sup>h</sup> 10' Nachm.		289.0	—	292.5	—	6.5	0.716 0.712	0.707			
	35.13								50.0	183	—
7 <sup>h</sup> 10' "		289.0	—	294.5	—	9.4	1.512 1.512	1.493			
	34.74								46.4	170	—
8 <sup>h</sup> 10' "		289.1	—	295.5	—	10.2	1.980 1.972	1.949			
									Sa.	96.4	853

Versuch LXV. 8. November 1894.

4 Männer. Mittleres Alter 44 Jahre 142 Tage. Mittleres Körpergewicht 76.5 kg.  
Während des Versuches genossen die Versuchsindividuen 200<sup>g</sup> Wasser.  
A = 100.4. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gas- uhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	be- obachtet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
6 <sup>h</sup> 15'		290.1	—	290.4	—	5.8	0.452 0.432	0.439			
	34.69								39.6	145	—
7 <sup>h</sup> 15'		290.1	—	291.1	—	6.5	1.080 1.064	1.063			
	35.15								40.4	148	—
8 <sup>h</sup> 15'		290.0	—	290.6	—	8.5	1.536 1.528	1.515			
									Sa.	80.0	293

## Versuch LXXV. 17. December 1894.

5 Männer. Mittleres Alter 57 Jahre 210 Tage. Mittleres Körpergewicht 84.6 kg.

Während des Versuches genossen die Versuchsindividuen 485 g Wasser.

A = 100.4. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	be- obachtet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
6 <sup>h</sup> 10'		288.6	—	291.3	—	4.5	0.560 0.552	0.553			
	32.65								47.7	175	—
7 <sup>h</sup> 10'		288.6	—	291.7	—	5.9	1.316 1.292	1.294			
	32.84								46.0	169	—
8 <sup>h</sup> 10'		288.6	—	290.9	—	8.6	1.828 1.820	1.803			
									Sa.	93.7	344

Diese Versuche sind in der auf Seite 71 stehenden Generaltabelle zusammengestellt.

Betreffend dieser Versuche bemerken wir, dass die Versuchspersonen in Nr. 3 (Vers. XII), 5 (Vers. XI) und 8 (Vers. IX) während der Versuchsdauer nicht zum Stillsitzen gebracht werden konnten, weshalb neue Versuche mit Knaben desselben Alters ausgeführt wurden (Vers. XVI, XVIII, XV). Bei den nachfolgenden Zusammenstellungen werden wir jene Versuche ausschliessen, weil dort die Kohlensäureabgabe wegen der stärkeren körperlichen Bewegung entschieden zu hoch gewesen ist und keineswegs als Ausdruck des Verhaltens bei dem von uns oben definirten Zustand angesehen werden kann.

Bevor wir dazu übergehen, die übrigen 15 Versuche unter einander zu vergleichen, müssen wir untersuchen, auf welche allgemeine Gültigkeit die dabei erhaltenen Werthe Anspruch machen können.

Hierbei müssen wir in erster Linie betonen, dass die Versuchsindividuen die Versuchsdauer sitzend zubrachten und im Allgemeinen ganz still waren.

Unsere Werthe für die Kohlensäureabgabe beziehen sich also nicht auf Menschen in liegender Stellung, bei welchen die Muskeln so wenig gespannt sind, wie sie es überhaupt bei einem gesunden Menschen im wachen Zustande sind.

Generaltabelle I.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäureabgabe pro $\frac{1}{2}$ Stunde, Gramm				Totale $\text{CO}_2$ -Abgabe während d. Versuches Gramm	Zahl der Versuchs-individuen
		Jahre	Tage		1. halbe Stunde	2. halbe Stunde	3. halbe Stunde	4. halbe Stunde		
1	XXXIII.	7	314	20.1	62	72	143		277	6
2	XIII.	9	217	27.5	109	109	96	84	398	6
3	XII.	10	180	28.4	149	109	85	85	428	6
4	XVI.	10	192	30.2	118	92	93	98	401	6
5	XI.	11	136	32.7	119	124	96	130	469	6
6	XVIII.	11	143	31.6	113	103	96	91	403	6
7	X.	12	173	34.1	113	92	107	96	408	6
8	IX.	13	38	37.6	159	142	140	125	566	6
9	XV.	13	313	44.5	138	129	136	131	534	6
10	VIII.	14	199	45.3	135	123	118	146	522	6
11	VI.	15	196	51.4	254	225	246	277	1002	12
12	VII.	17	36	55.5	297	265	259	264	1085	12
13	XIV.	19	189	59.5	143	131	114	124	512	6
14	XXI. <sup>1</sup>	22	341	65.3	122	113	107	112	454	6
15	I.	25—30	—	67.5	230	228	231	232	921	12
16	LXII. <sup>1</sup>	34	262	68.3	183		170		353	5
17	LXV. <sup>1</sup>	44	142	76.5	145		148		293	4
18	LXXV. <sup>1</sup>	57	210	84.6	175		169		344	5

Ein Beleg dafür, dass die Versuchsindividuen im grossen Ganzen ruhend waren, giebt die Untersuchung der Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden bei jedem Versuch. Wir haben diese Variationen in der Weise untersucht, dass wir für jede der vier Perioden die Kohlensäureabgabe pro 1 Stunde berechnet haben und die Abweichung dieser Werthe von dem mittleren Werthe des ganzen Versuches (pro 1 Stunde) in Procenten des letzteren ausdrückten. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dieses sind die einzigen, welche Nachmittags (6—8 Uhr Nachm.) stattfanden.

<sup>2</sup> Hier und im Folgenden haben wir bei unseren Berechnungen die direct ermittelten Werthe für die Kohlensäureabgabe und nicht die auf Gramm abgerundeten, die in den Versuchsprotocollen aufgenommen sind, benutzt.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe  
während der verschiedenen halbstündigen Perioden  
in Procenten des mittleren Werthes.<sup>1</sup>

Nummer	Versuch	Halbstunde				Mittlere Ab- weichung
		1	2	3	4	
1	XXXIII.	10.5	4.0	3.3		5.98
2	XIII.	9.5	9.5	3.5	15.5	9.50
4	XVI.	17.7	8.2	7.4	2.2	8.88
6	XVIII.	12.2	2.2	4.7	9.7	7.20
7	X.	10.8	9.8	4.9	5.9	7.85
9	XV.	3.4	3.4	1.9	1.9	2.65
10	VIII.	3.5	5.8	9.6	11.9	7.70
11	VI.	1.4	10.2	1.8	10.6	6.00
12	VII.	9.5	2.3	4.5	2.7	4.75
13	XIV.	11.7	2.3	10.9	3.1	7.00
14	XXI.	7.5	0.5	5.7	1.3	3.75
15	I.	0.1	1.0	0.3	0.8	0.55

In den verschiedenen Versuchen schwankt die mittlere Abweichung zwischen 9.50 (Vers. XIII) und 0.55 (Vers. I) und beträgt für sämtliche Versuche mit in Summa 47 Bestimmungen 5.98 Procent. Die grosse mittlere Abweichung in Versuch XIII (Nr. 2) ist nicht dadurch bedingt, dass sich die Knaben zuviel bewegt hätten, denn in diesem Versuche, der an neunjährigen Kindern stattfand, sassen die Versuchspersonen die ganze Zeit hindurch exemplarisch still.

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und 1 Stunde geht aus der folgenden Tabelle hervor:

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde, Gramm
		Jahre	Tage		
1	XXXIII.	7	314	20.1	23.1
2	XIII.	9	217	27.5	33.2
4	XVI.	10	192	30.2	33.4

<sup>1</sup> Die Versuche LXII, LXV und LXXV sind in dieser Zusammenstellung nicht aufgenommen, weil dort die Kohlensäureabgabe nur für jede Stunde bestimmt wurde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde, Gramm
		Jahre	Tage		
6	XVIII.	11	143	31.6	33.6
7	X.	12	173	34.1	34.0
9	XV.	13	313	44.5	44.5
10	VIII.	14	199	45.3	43.5
11	VI.	15	196	51.4	41.8
12	VII.	17	36	55.5	45.2
13	XIV.	19	186	59.5	42.7
14	XXI.	22	341	65.3	37.8
15	I.	etwa 25	—	67.5	38.4
16	LXII.	34	262	68.3	35.3
17	LXV.	44	142	76.5	36.7
18	LXXV.	57	210	84.6	34.4

Nr. 1 zeigt uns die geringste Kohlensäureabgabe pro Individuum und der Unterschied zwischen dieser Zahl und den übrigen ist an und für sich sehr beträchtlich. Die Ursache hiervon liegt darin, dass unsere anderen Versuche ohne Ausnahme an Individuen der wohlhabenderen Classen der Gesellschaft geschahen, während der Versuch XXXIII an Kindern aus der Volksschule stattfand, welche sehr schlecht nutriert, skrophulös und rachitisch waren. Grund dessen kann dieser Werth nicht als eine Normalzahl für Knaben im 8. Lebensjahre aufgefasst werden.

Im Alter zwischen dem 9. und 12. Jahre nimmt die Kohlensäureabgabe pro Individuum nur so wenig zu, dass die Differenzen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Variationen fallen. Wir können also sagen, dass die Kohlensäureabgabe bei Knaben dieses Alters im grossen Ganzen etwa gleich gross ist und 33 bis 34  $\text{g}$  pro Individuum und Stunde beträgt.

Dagegen finden wir am 13. Lebensjahre eine bedeutende Steigerung: 44.5  $\text{g}$  pro Individuum und Stunde, und um diesen Werth bewegt sich die Kohlensäureabgabe bis zum 19. Lebensjahre. Zwischen dem 13. und 19. Jahre ist also die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde 42 bis 45  $\text{g}$ .

Bei den Versuchen an männlichen Individuen zwischen 20 und 30 Jahren ist die Kohlensäureabgabe etwas geringer, und zwar nur etwa 38  $\text{g}$  pro Individuum und Stunde.

Bei Männern von bezw. 35, 44 und 58 Jahren ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde noch geringer, nämlich 34 bis 37  $\text{g}$ .



Wenn wir die Kohlensäureabgabe bei Nr. 18 (Versuch LXXV) = 100 setzen, so erhalten wir die folgenden Relationszahlen für die Kohlensäureabgabe bei männlichen Individuen von verschiedenem Alter.

Nummer	Alter, volle Jahre	Relationszahlen
[1	7	67]
2	9	97
4	10	97
6	11	98
7	12	99
9	13	129
10	14	126
11	15	122
12	17	131
13	19	124
14	22	110
15	25	112
16	34	103
17	44	107
18	57	100

Bei männlichen Individuen im Alter von 9 bis 12, 13 bis 19, 22 bis 25, 34 bis 44 und 57 Jahren verhält sich also die Kohlensäureabgabe wie 98:126:111:105:100.

Wir übersehen keineswegs, dass der calorische Werth der Kohlensäure ein sehr verschiedener ist, je nachdem sie Fett, Kohlehydraten oder Eiweiss entstammt. Da jedoch die Individuen, an welchen die Beobachtungen 2 bis 18 gemacht worden sind, derselben socialen Classe angehören und hinsichtlich ihrer Kost u. s. w. im grossen Ganzen unter denselben Verhältnissen leben, dürfte es nicht allzu kühn sein anzunehmen, dass die mittlere Zusammensetzung ihrer Kost (wir sprechen hier nicht vom Versuch XXXIII) ungefähr gleichartig gewesen ist. Wenn diese Annahme richtig ist, so drückt die Grösse der Kohlensäureabgabe gewissermassen den Umfang der im Körper stattfindenden Verbrennung aus, und wir können das eben angeführte Ergebniss auch in der folgenden Weise formuliren: Die Verbrennung im Körper ist bei männlichen Individuen im Alter zwischen 13 und 19 Jahren grösser als bei älteren und jüngeren Individuen desselben Geschlechtes.

In seinem bei der zweiten allgemeinen Sitzung des X. inter-

nationalen medicinischen Congresses in Berlin gehaltenen Vorträge über die Pubertätsentwicklung und das Verhältniss derselben zu den Krankheitserscheinungen der Schuljugend hat Axel Key nachgewiesen, dass vom 14. Lebensjahre an im Wachsthum der Knaben eine Periode eintritt, während welcher die Zunahme der Körperlänge und des Körpergewichtes bedeutend schneller stattfindet, als während der früheren (9 bis 13) Jahre. Der schnellere Längenzuwachs dauert vier Jahre lang, erreicht im 15. Lebensjahre sein Maximum und endet mit dem 17. Jahre. Der stärkere Gewichtszuwachs findet auch während derselben vier Jahre statt, das Körpergewicht nimmt aber im Beginn der Periode nicht so schnell als die Länge zu. Die grösste Gewichtszunahme hat ihr Maximum im 16. Jahre.<sup>1</sup>

Unsere Ergebnisse hinsichtlich der Kohlensäureabgabe zeigen mit diesen Erfahrungen eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung. Gerade während derjenigen Periode, wo nach Key der starke Längen- und Gewichtszuwachs beginnt, tritt hier die starke Zunahme der Kohlensäureabgabe hervor.

Unsere Werthe sind fast durchgehend grösser als die von Scharling, Andral-Gavarret und Speck mitgetheilten. Betreffs der Zahlen von Scharling muss jedoch hervorgehoben werden, dass diese Mittelwerthe für 24 Stunden darstellen und dass seinen eigenen Angaben gemäss die Kohlensäureabgabe im wachenden Zustande grösser ist als im Schlaf und zwar im Verhältniss 1.42 bis 1.225:100. Im wachenden Zustande ist also die Kohlensäureabgabe nach Scharling grösser als das oben (Seite 54) mitgetheilte Mittel.

Nach Andral und Gavarret ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde im Alter zwischen 8 bis 15 Jahren 16.7 bis 31.9  $\%$ , im Alter zwischen 16 $\frac{1}{2}$  bis 20 Jahren 37.4 bis 41.1  $\%$ , und im Alter zwischen 24 bis 28 Jahren 40.3 bis 45.5  $\%$  (wenn wir die Beobachtung 26 ausschliessen, welche sich auf einen ausserordentlich muskelstarken Mann bezieht).

Die Zahlen von Speck sind noch kleiner als Andral's und Gavarret's Werthe.

Die Ursache dieser Differenzen ist unserer Anschauung nach vor allem darin zu suchen, dass die Versuchsdauer in den Versuchen unserer Vorgänger im Allgemeinen zu kurz gewesen ist. Auch in unseren Versuchen fanden wir bei den verschiedenen halbstündigen Perioden Werthe, die kleiner als der mittlere Werth für eine zwei-

---

<sup>1</sup> Key, *Verhandlungen des X. internationalen medicinischen Congresses in Berlin*. I, Sep. A., S. 4. 1890.

stündige Periode sind, wir glauben aber, dass man als Normalzahl für Menschen in demjenigen körperlichen Zustande, von welchem die Frage jetzt ist, nicht den kleinsten sich darstellenden Werth wählen darf, sondern einen Werth, der aus einem länger andauernden Versuch hervorgeht. Und um einem etwaigen Missverständniss vorzubeugen, wollen wir noch einmal betonen, dass wir mit der vorliegenden Untersuchung gar nicht bezweckt haben, Normalwerthe für das Minimum der Kohlensäureabgabe bei verschiedenen alten Individuen festzustellen, sondern nur zu eruiren, wie die Kohlensäureabgabe in dem von uns schon definirten körperlichen Zustande je nach Lebensalter und Geschlecht variiert.

Da jedoch die von uns beobachteten minimalen Werthe nicht ganz ohne Interesse sind, stellen wir dieselben, pro Individuum und Stunde berechnet, hier zusammen.

Nummer N.	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde	Relationszahlen
		Jahre	Tage		
[1	XXXIII.	7	314	20.7	62]
2	XIII.	9	217	28.0	88
4	XVI.	10	192	30.7	91
6	XVIII.	11	143	30.3	90
7	X.	12	173	30.7	91
9	XV.	13	313	43.0	127
10	VIII.	14	199	39.3	116
11	VI.	15	196	37.5	111
12	VII.	17	36	43.2	128
13	XIV.	19	186	38.0	112
14	XXI.	22	341	35.7	106
15	I.	etwa 25	—	38.0	114
16	LXII.	34	262	34.0 <sup>1</sup>	101
17	LXV.	44	142	36.2 <sup>1</sup>	107
18	LXXV.	57	210	33.8 <sup>1</sup>	100

In Bezug auf die gegenseitige Relation der Kohlensäureabgabe bei verschiedenem Alter finden wir hier etwa dasselbe Resultat wieder wie bei der Zusammenstellung der mittleren Werthe.

<sup>1</sup> Nach Beobachtung während einer Stunde.

Um den Einfluss des Alters auf die Kohlensäureabgabe näher zu untersuchen, haben wir nach unseren Versuchen die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht berechnet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

**Die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht.**

Nummer	Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	CO <sub>2</sub> pro Kilogramm Körpergewicht, Gramm	Relationszahlen
[1	XXXIII.	20.1	1.149	282]
2	XIII.	27.5	1.207	297
4	XVI.	30.2	1.106	272
6	XVIII.	31.6	1.063	261
7	X.	34.1	0.997	245
9	XV.	44.5	1.000	246
10	VIII.	45.8	0.960	236
11	VI.	51.4	0.813	200
12	VII.	55.5	0.814	200
13	XIV.	59.5	0.718	176
14	XXI.	65.3	0.579	142
15	I.	67.5	0.569	140
16	LXII.	68.3	0.517	127
17	LXV.	76.5	0.480	118
18	LXXV.	84.6	0.407	100

Wir finden hier eine sehr gleichmässige Abnahme der Kohlensäureabgabe bei zunehmendem Körpergewicht, was ja in Bezug auf den Gesamtstoffwechsel schon durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt ist und, wie bekannt, wesentlich davon abhängt, dass die Oberfläche des Körpers im Verhältniss zum Körpergewicht und also auch seine relative Wärmeabgabe um so grösser wird, je kleiner der Körper selbst ist.

Im Verhältniss zum Körpergewicht ist die Kohlensäureabgabe bei neunjährigen Knaben (Nr. 2) etwa dreimal so gross, als bei einem alten Manne (Nr. 18). Und dieser Einfluss der Körpergrösse zeigt sich sogar fast gleich scharf bei den schlecht ernährten Knaben, welche zum Versuch XXXIII (Nr. 1) dienten.

Auf eine nähere Analyse der in dieser Tabelle aufgenommenen Zahlen glauben wir verzichten zu können.

Ein grösseres Interesse bietet das Studium der Kohlensäureabgabe pro Einheit der Körperoberfläche dar.

Wenn der Stoffwechsel bei Individuen von verschiedener Körpergrösse einzig und allein von den Bedingungen der Wärmeabgabe abhängig wäre, so sollte man erwarten, dass bei ihnen, wie Rubner<sup>1</sup> bei seinen, an verschiedenen grossen Hunden gemachten Versuchen gefunden hat, der Stoffwechsel auf die Einheit der Körperoberfläche bezogen gleich gross wäre, so verschieden er sich auch darstellt, wenn er auf die Einheit des Körpergewichtes berechnet wird. Findet man nun aber, dass der Stoffwechsel bei jüngeren Individuen, auch wenn er auf die Einheit der Körperoberfläche berechnet wird, grösser ist als bei älteren Individuen, so ist es erlaubt, daraus zu folgern, dass sich beim jugendlichen Körper Bedingungen vorfinden, welche an und für sich, unabhängig von der verschiedenen Körpergrösse, einen stärkeren Stoffwechsel verursachen.

Man hat freilich lange angenommen, dass dies der Fall wäre; es liegt aber bis jetzt kaum ein wirklicher Beweis dafür vor.<sup>2</sup>

Nun haben wir allerdings nicht den Gesamtstoffwechsel an denjenigen Individuen bestimmt, an welchen die vorliegenden Versuche ausgeführt worden sind. Wir können jedoch aus den schon angeführten Gründen und unter aller Reservation annehmen, dass die Kohlensäureabgabe in einem gewissen Grade als Maass des Gesamtstoffwechsels des Körpers gelten kann, selbstverständlich ohne dabei eine directe Proportionalität zwischen dem Gesamtstoffwechsel und der Kohlensäureabgabe zu postuliren. Deswegen haben wir die Kohlensäureabgabe für die Einheit der Körperoberfläche berechnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Zur Berechnung der Körperoberfläche haben

wir die Formel von Meeh:<sup>3</sup>  $k \sqrt[3]{a}$  benutzt, wo  $a$  das Körpergewicht und  $k$  eine Constante bezeichnet. Nach Meeh's Beobachtungen ist  $k$  für die kleinsten Knaben (Versuch XXXIII) = 11.895, für Knaben zwischen 9 und 12 Jahren = 12.205, für Jünglinge zwischen 13 und 20 Jahren = 12.847 und für ältere männliche Individuen = 12.534 angenommen worden.

<sup>1</sup> Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XIX, S. 586. 1888.

<sup>2</sup> Vgl. Voit, *Handbuch d. Physiol.* Bd. VI, 1, S. 541. 1881. Die Untersuchungen Camerer's werden wir im letzten Abschnitt dieser Abhandlung besprechen.

<sup>3</sup> Meeh, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV, S. 425. 1879.

Die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Quadratmeter  
Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Körperoberfläche Quadratmeter	Kohlensäure pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche, Gramm	Relations- zahlen
[1	XXXIII.	0.879	26.27	184]
2	XIII.	1.112	29.86	210
4	XVI.	1.184	28.22	198
6	XVIII.	1.220	27.54	198
7	X.	1.283	26.49	186
9	XV.	1.618	27.58	194
10	VIII.	1.633	26.65	187
11	VI.	1.776	23.54	165
12	VII.	1.869	24.18	170
13	XIV.	1.958	21.81	153
14	XXI.	2.083	18.60	131
15	I.	2.078	18.48	130
16	LXII.	2.094	16.85	118
17	LXV.	2.259	16.25	117
18	LXXV.	2.415	14.24	100

Wenn die Kohlensäureabgabe bei Nr. 18 (älterer Mann, 57 Jahre) gleich 100 gesetzt wird, so ist sie bei 9jährigen Knaben (Nr. 2) 210, bei 10jährigen (Nr. 3) 198, bei 11 bis 14jährigen (Nr. 6 bis 10) 194 bis 187, bei 15 bis 17jährigen Jünglingen (Nr. 11 und 12) 165 bis 170, bei 19jährigen (Nr. 13) 153, und bei den folgenden Altersklassen bezw. 131, 130, 118, 117.

Insofern es nach diesen Versuchen erlaubt ist zu beurtheilen, können wir also sagen, dass unter sonst ähnlichen Umständen der durch die Kohlensäureabgabe geschätzte Stoffwechsel bei Kindern an und für sich und unabhängig von ihrer geringeren Körpergrösse grösser ist als bei erwachsenen und dies in einem um so höheren Grade, je jünger das betreffende Individuum ist.

Dies Ergebniss haben wir durch die im letzten Abschnitt mitzutheilenden Untersuchungen über den Gesamtstoffwechsel bei Männern von verschiedenem Alter vollkommen bestätigt gefunden.

Auch der Vergleich zwischen der Kohlensäureabgabe pro 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht und 1 <sup>qm</sup> Körperoberfläche zeigt, welch' einen ausserordentlichen Einfluss das Alter auf die Kohlensäureabgabe ausübt.

Wenn wir nämlich annehmen, dass die Kohlensäureabgabe pro 1 <sup>qm</sup> Körperoberfläche bei jungen und alten männlichen Individuen gleich gross und zwar 14.24 <sup>g</sup> wäre (Nr. 18, Versuch an 57jährigen Männern), und dann die Kohlensäureabgabe z. B. bei einem 9jährigen Knaben berechneten, so wäre die totale Kohlensäure bei diesem  $1.112 \times 14.24 = 15.83$  <sup>g</sup>, was auf 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht (27.5) 0.576 <sup>g</sup> beträgt. Wir haben aber pro 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht bei einem 9jährigen Knaben 1.207 <sup>g</sup> gefunden.

### B. Weibliche Individuen.

Unsere hierher gehörigen Versuche sind 15 an der Zahl und beziehen sich im Ganzen auf 111 Individuen im Alter zwischen 8 und 66 Jahren.

Von diesen Versuchen werden wir jedoch drei von unseren Zusammenstellungen ausschliessen, weil sich die Versuchspersonen dabei nicht so still verhielten, wie es hinsichtlich des Versuchszweckes nothwendig war.

Die übrigen Versuche folgen hier.

### Versuch XXXV. 19. Januar 1894.

6 Mädchen. Mittleres Alter 7 Jahre 316 Tage. Mittleres Körpergewicht 21.8 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Mädchen 479 <sup>g</sup> Rosinen, 250 <sup>g</sup> Mandeln und 280 <sup>g</sup> Bonbons. A = 100.4. B = 742 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströ- menden Luft	in der Respi- rationskammer	be- obachtet	corri- girt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm				Mittel						
12 <sup>h</sup> 20'		290.0	296.3	295.3		7.0	0.540 I. 0.560 II.	0.545			
	2.26				7.3				18.2	67	94
12 <sup>h</sup> 50'		290.0	295.4	295.4		8.0	0.920	0.910			
	2.29				7.2				20.4	75	80
1 <sup>h</sup> 20'		290.0	295.0	295.3		8.7	1.328	1.312			
	2.35				7.1				21.9	80	—
1 <sup>h</sup> 50'		290.0	294.7	295.2		9.3	1.752 I. 1.760 II.	1.734			
	2.28				—				20.3	74	—
2 <sup>h</sup> 20'		290.0	294.3	295.1		8.5	2.140 I. 2.136 II.	2.114			
									Sa.	80.8	296

Versuch XXII. 9. December 1893.

6 Mädchen aus der I. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 9 Jahre 334 Tage. Mittleres Körpergewicht 26.6 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 80 \* Bonbons und 940 \* Wasser. A = 100.4. B = 752 mm.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationstionskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationstionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		288.0	286.5	294.8	6.1	0.520	0.516				
12 <sup>h</sup> 45' "	14.89	288.0	286.9	294.8	5.07	7.0	0.796	0.789	16.1	59	184
1 <sup>h</sup> 15' "	15.18	288.1	285.7	294.7	4.99	7.6	1.084	1.073	18.8	69	97
1 <sup>h</sup> 45' "	15.23	288.1	285.6	294.4	4.99	8.0	1.320	1.306	18.2	67	85
2 <sup>h</sup> 15' "	15.11	288.1	285.5	294.3	5.09	8.25	1.568	1.551	20.6	76	74
									Sa.	73.7	271

Versuch XIX. 4. December 1893.

6 Mädchen aus der II. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 11 Jahre 57 Tage. Mittleres Körpergewicht 31.0 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 78 \* Bonbons und 1170 \* Wasser. A = 100.4. B = 763 mm.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationstionskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationstionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		287.9	279.2	291.5	4.2	0.652	0.648				
12 <sup>h</sup> 45' "	13.96	287.9	279.4	291.5	4.09	5.0	1.000	0.993	21.1	77	90
1 <sup>h</sup> 15' "	14.27	287.9	279.3	291.0	3.95	5.5	1.316	1.307	22.0	81	72
1 <sup>h</sup> 45' "	14.09	287.9	279.0	290.8	3.75	5.85	1.612	1.600	23.0	84	65
2 <sup>h</sup> 15' "	14.41	287.9	278.9	290.4	3.56	6.1	1.804	1.790	19.8	72	62
									Sa.	85.9	314



## Versuch XXVI. 16. December 1893.

6 Mädchen aus der III. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 12 Jahre 68 Tage. Mittleres Körpergewicht 36.2 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Mädchen 98 \* Bonbons und 900 \* Wasser. A = 100.4. B = 759 ==.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlen- säure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	14.12	289.2	281.5	291.6	5.35	8.45	0.620	0.613	21.6	79	127
12 <sup>h</sup> 45' "	14.17	289.2	281.2	291.7	5.24	9.2	0.984	0.972	23.5	86	107
1 <sup>h</sup> 15' "	14.37	289.3	281.3	291.8	5.20	9.65	1.336	1.319	22.0	81	93
1 <sup>h</sup> 45' "	13.95	289.3	281.4	291.9	5.15	9.9	1.612	1.591	21.1	77	81
2 <sup>h</sup> 15' "		289.3	281.3	292.1	10.15	1.840	1.815		Sa.	88.2	323

## Versuch XXIV. 12. December 1893.

6 Mädchen aus der IV. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 13 Jahre 53 Tage. Mittleres Körpergewicht 39.5 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Mädchen 73 \* Bonbons und 430 \* Wasser. A = 100.3. B = 758 ==.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlen- säure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15' Nachm.	14.55	288.7	282.2	290.2	4.44	5.3	0.528	0.524	20.5	75	122
1 <sup>h</sup> 45' "	14.55	288.8	281.9	290.3	4.81	6.3	0.880	0.873	23.4	86	83
2 <sup>h</sup> 15' "	14.66	288.8	281.6	290.4	4.92	6.85	1.240	1.229	23.9	88	68
2 <sup>h</sup> 45' "	14.74	288.8	281.6	290.4	4.99	7.2	1.560	1.545	22.0	81	68
3 <sup>h</sup> 15' "		288.8	281.4	290.3		7.5	1.800	1.782	Sa.	89.8	330

## Versuch XXV. 13. December 1893.

6 Mädchen aus der V. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 14 Jahre 15 Tage. Weiteres Körpergewicht 44.3 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Mädchen 175 <sup>g</sup> Bonbons und 165 <sup>g</sup> Wasser. A=100.3. B=758 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15' Nachm.	14.42	289.0	282.5	292.0	4.36	6.85	0.744	0.788	22.1	81	127
1 <sup>h</sup> 45' "	14.09	289.1	282.1	292.3	4.12	7.25	1.100	1.089	23.6	87	95
2 <sup>h</sup> 15' "	14.55	289.1	281.9	292.5	4.11	7.7	1.440	1.425	25.2	92	97
2 <sup>h</sup> 45' "	13.92	289.1	281.8	292.5	4.14	8.1	1.760	1.741	24.9	91	84
3 <sup>h</sup> 15' "		289.1	281.7	292.4		8.35	2.040	2.017			
								Sa.	95.8	351	

## Versuch XXIII. 11. December 1893.

6 Mädchen aus der VI. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 15 Jahre 54 Tage. Mittleres Körpergewicht 48.6 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Mädchen 80 <sup>g</sup> Bonbons und 785 <sup>g</sup> Wasser. A=100.3. B=760 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1 <sup>h</sup> 15' Nachm.	14.96	288.4	281.5	293.0	5.15	6.5	0.644	0.639	21.9	80	141
1 <sup>h</sup> 45' "	14.78	288.4	281.1	293.0	5.04	7.6	1.008	0.998	21.8	80	97
2 <sup>h</sup> 15' "	11.71	288.4	281.3	292.9	4.85	8.1	1.320	1.306	23.1	85	88
2 <sup>h</sup> 45' "	11.11	288.5	282.4	292.9	4.82	8.55	1.648	1.629	22.5	83	76
3 <sup>h</sup> 15' "		288.5	282.4	292.8		8.85	1.936	1.914			
								Sa.	89.3	328	

6\*

## Versuch XX. 5. December 1893.

6 Mädchen aus der VI. Classe der Wallin'schen Töcherschule. Mittleres Alter 15 Jahre 217 Tage. Mittleres Körpergewicht 49.9<sup>kg</sup> Während des Versuches genossen die Mädchen etwa 150<sup>g</sup> Bonbons. A = 100.3. B = 771<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationsskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationsskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	14.63	287.8	279.1	293.1	8.65	4.55	0.682	0.628	25.0	92	124
12 <sup>h</sup> 45' "	12.18	287.8	279.2	292.8	8.50	5.55	1.048	1.040	27.9	102	92
1 <sup>h</sup> 15' "	14.34	287.8	—	292.2	8.25	6.15	1.484	1.472	25.7	94	116
1 <sup>h</sup> 45' "	14.24	287.8	278.3	292.0	8.10	6.8	1.800	1.784	26.0	95	60
2 <sup>h</sup> 15' "		287.8	277.8	291.6		6.85	2.080	2.062			
									Sa.	104.6	383

## Versuch XXVIII. 19. December 1893.

6 junge Damen. Mittleres Alter 17 Jahre 253 Tage. Mittleres Körpergewicht 53.9<sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen 343<sup>g</sup> Bonbons und 320<sup>g</sup> Wasser. A = 100.3. B = 758<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationsskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationsskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm										
11 <sup>h</sup> 15' Vorm.	13.94	289.8	282.2	291.0	4.80	6.25	0.600	0.595	21.1	77	128 <sup>1</sup>
11 <sup>h</sup> 45' "		289.8	281.8	291.3		7.25	0.960	0.951			
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	13.07	289.8	282.5	291.5	4.84	7.9	1.356	1.342	23.2	85	90
12 <sup>h</sup> 45' "	12.90	289.8	282.8	291.6	4.70	8.35	1.668	1.650	23.5	86	64
1 <sup>h</sup> 15' "	12.64	289.8	282.0	291.8	4.72	8.50	1.948	1.926	21.4	78	54
1 <sup>h</sup> 45' "	12.78	289.8	282.2	291.8	4.70	8.55	2.160	2.136	20.8	76	72
2 <sup>h</sup> 15' "		289.8	282.0	291.9		8.75	2.332	2.305			
									Sa.	88.9	325

<sup>1</sup> Die erste halbe Stunde ist von den folgenden Zusammenstellungen ausgeschlossen.

## Versuch XXVII. 18. December 1893.

5 Damen. Mittleres Alter etwa 30 Jahre. Mittleres Körpergewicht 53.9 kg.  
Während des Versuches genossen die Versuchspersonen 730 g Kuchen und 30 g  
Wasser. A = 100.8. B = 764 mm.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
11 <sup>h</sup> 15' Vorm.	14.43	289.8	[283.1]	292.0	4.6	[11.2]	0.484	0.477	21.3	78	—
11 <sup>h</sup> 45' "	15.39	289.8	283.1	292.2	4.52	12.6	0.860	0.846	19.9	73	153
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	15.35	289.8	282.8	292.4	4.50	12.85	1.156 I. 1.152 II.	1.135	17.9	66	131
12 <sup>h</sup> 45' "	15.18	289.8	282.5	292.4	4.46	12.85	1.368	1.345	20.2	74	151
1 <sup>h</sup> 15' "		289.8	282.2	292.4		13.05	1.596	1.569	Sa.	79.3	291

## Versuch V. 18. April 1893.

9 Damen. Alter 40—50 Jahre. Mittleres Körpergewicht 67.0 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen Kaffee und Kuchen. A = 99.7. B = 764 mm.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
12 <sup>h</sup> 23' Nachm.	19.68	287.4		291.2	[3.95]		0.440 I. 0.408 II. 0.408 III. 0.412 IV.	0.415	47.6	175	[217]
12 <sup>h</sup> 53' "	22.70	287.4	285.6	291.6	2.7	5.85	1.268	1.258	89.1	327	162
1 <sup>h</sup> 23' "	20.80	287.4	285.6	291.9	2.15	6.65	misslung.	—			
1 <sup>h</sup> 53' "	22.71	287.4	285.7	292.1	2.25	7.10	2.388	2.367			
2 <sup>h</sup> 23' "		287.4		292.2		7.50	2.780	2.752	44.9	165	154
								Sa.	181.6	687	

## Versuch XXXVI. 22. Januar 1894.

6 Damen. Mittleres Alter 65 Jahre 290 Tage. Mittleres Körpergewicht 66.9 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen nichts. A = 100.1. B = 742 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter	Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
	cbm				Mittel					
11 <sup>h</sup> Vorm.		290.1	285.1	295.2		0.854 0.852	0.845			
11 <sup>h</sup> 30 "	11.25	290.1	285.1	295.3	4.63	8.15	1.216	1.203	21.3	78.121
12 <sup>h</sup> Mittags	11.55	290.1	285.0	295.1	4.72	8.75	1.552	1.534	22.0	81.101
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.	11.35	290.1	284.6	295.1	4.68	9.10	1.812	1.790	19.9	73.82
1 <sup>h</sup> "	11.50	290.1	284.6	295.0	4.65	9.45	2.080 2.092	2.060	22.2	81.87
								Sa.	85.4	313

In derselben Weise wie mit den Versuchen an männlichen Individuen (S. 71) stellen wir die vorliegenden Versuche in einer Tabelle zusammen.

Generaltabelle II.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäureabgabe pro 1/2 Stunde, Gramm				Totale CO <sub>2</sub> -Abgabe während d. Versuches Gramm	Zahl der Versuchsa-individuen
		Jahre	Tage		1. halbe Stunde	2. halbe Stunde	3. halbe Stunde	4. halbe Stunde		
1	XXXV.	7	316	21.8	67	75	80	74	296	6
2	XXII.	9	334	26.6	59	69	67	76	271	6
3	XIX.	11	57	31.0	77	81	84	72	314	6
4	XXVI.	12	68	36.2	79	86	81	77	326	6
5	XXIV.	13	53	39.5	75	86	88	81	330	6
6	XXV.	14	15	44.3	81	87	92	91	351	6
7	XXIII.	15	54	48.6	80	80	85	83	328	6
8	XX.	15	217	49.9	92	102	94	95	383	6
9	XXVIII.	17	253	53.9	85	86	78	76	325	6
10	XXVII.	etwa 30	—	53.9	78	73	66	74	291	5
11	V.	40—50	—	67.0	175	327		165	667	9
12	XXXVI.	65	290	66.9	78	81	73	81	313	6

Bei diesen Versuchen sassen die Versuchspersonen ganz still; besonders gilt dies von den Schulmädchen (Nr. 1 bis 9), welche sich ganz wie bei einer Schulstunde hielten. Auch sind die Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden im Allgemeinen sehr gering, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe  
während der verschiedenen halbstündigen Perioden  
in Procenten des mittleren Werthes.

Nummer	Versuch	Halbstunde				Mittlere Ab- weichung
		1	2	3	4	
1	XXXV.	9.5	1.4	8.1	0	4.75
2	XXII.	12.9	1.8	1.1	12.2	7.00
3	XIX.	1.9	3.2	7.0	8.3	5.10
4	XXVI.	2.2	6.5	0.3	4.6	3.40
5	XXIV.	9.1	4.2	6.7	1.8	5.45
6	XXV.	7.7	0.9	4.8	3.7	4.28
7	XXIII.	2.4	2.4	3.7	1.2	2.43
8	XX.	3.9	6.5	1.8	0.8	3.25
9	XXVIII.	4.6	5.8	4.0	6.5	5.23
10	XXVII.	7.2	0.3	9.8	1.7	4.68
11	V.	4.9	2.0		1.0	2.63
12	XXXVI.	0.3	3.5	6.7	3.5	3.50

Die mittlere Abweichung schwankt in den verschiedenen Versuchen zwischen 7.00 (Versuch XXII) und 2.43 (Versuch XXIII) und beträgt für sämtliche Versuche mit in Summa 47 Beobachtungen 4.34 Procent — sie ist also 1.64 Procent kleiner als die mittlere Abweichung bei den Versuchen an männlichen Individuen (S. 72).

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde geht aus der Tabelle auf Seite 88 hervor.

Die geringsten der in dieser Tabelle aufgenommenen Werthe beziehen sich auf das Alter zwischen 8 und 10 Jahren, mit einer Kohlensäureabgabe von bezw. 24.7 und 22.6 %. Sodann zeigt die Kohlensäureabgabe während der ganzen langen Periode vom 11. bis zum 30. Jahre verhältnissmässig nur geringe Variationen; sie schwankt nämlich nur zwischen 26.2 und 31.9 % und wir finden den höchsten Werth bei 15 $\frac{3}{4}$  Jahren (Nr. 8). Bei 14jährigen und 30jährigen haben

## Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde Gramm
		Jahre	Tage		
1	XXXV.	7	316	21.8	24.7
2	XXII.	9	334	26.6	22.6
3	XIX.	11	57	31.0	26.2
4	XXVI.	12	68	36.2	26.9
5	XXIV.	13	53	39.5	27.5
6	XXV.	14	15	44.3	29.3
7	XXIII.	15	54	48.6	27.3
8	XX.	15	217	49.9	31.9
9	XXVIII.	17	253	53.9	27.1
10	XXVII.	etwa 30	—	53.9	29.1
11	V.	40—50	—	67.0	37.1
12	XXXVI.	65	290	66.9	26.1

wir fast identische Zahlen (29.3, 29.1). Bei einem reiferen Alter und einem beträchtlich grösseren Körpergewicht ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum nicht unbedeutend grösser (Nr. 11, Versuch V). Wir wollen jedoch kein grösseres Gewicht auf diese Zahl legen, da sie einzeln dasteht und die Versuchspersonen nicht so ruhig dasassen wie bei den übrigen Versuchen. Bei einem höheren Alter (Nr. 12, Versuch XXXVI) erreicht die Kohlensäureabgabe denselben Werth wieder, den sie während der Periode zwischen dem 11. und dem 30. Jahre hatte (26.1<sup>g</sup>).

Wir vermissen also unter den weiblichen Individuen die bedeutende Steigerung der Kohlensäureabgabe, welche wir bei Knaben zwischen dem 13. und 19. Jahre kennen lernten.

Dementsprechend vermissen wir nach den Untersuchungen von Key in diesem Alter die bei den Knaben so deutlich hervortretende Steigerung der Zunahme des Körpergewichtes und der Körperlänge.

Wenn wir die Kohlensäureabgabe bei Nr. 12 (Versuch XXXVI) gleich 100 setzen, so erhalten wir die folgenden Relationszahlen für die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen von verschiedenem Alter.

Nummer	Alter, volle Jahre	Relationszahlen
1	7	95
2	9	87
3	11	100
4	12	103
5	13	105
6	14	112
7	15	105
8	15	122
9	17	104
10	30	112
11	40—50	142
12	65	100

Bei weiblichen Individuen von 8 bis 9, 11 bis 30, 40 bis 50 und 65 Jahren verhält sich also die Kohlensäureabgabe etwa wie 91:108:142:100.

Wie aus einem Vergleich mit Andral's und Gavarret's in der geschichtlichen Einleitung angeführten Werthen hervorgeht, sind auch bei weiblichen Individuen die von uns ermittelten Zahlen für die Kohlensäureabgabe grösser als jene.

Die Angabe dieser Autoren, dass die Pubertät und die Menstruation die Kohlensäureabgabe vermindern sollten, findet in unseren Versuchen keine Stütze.

Um von der Grösse der Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen eine nähere Vorstellung zu geben, stellen wir in der folgenden Tabelle die bei den verschiedenen Versuchen gefundenen Minimalwerthe zusammen und weisen im Uebrigen auf die Discussion der Versuchsergebnisse an männlichen Individuen hin.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde, Gramm	Relationszahlen
		Jahre	Tage		
1	XXXV.	7	316	22.3	92
2	XXII.	9	334	19.7	81
3	XIX.	11	57	24.0	89
4	XXVI.	12	68	25.7	106
5	XXIV.	13	53	25.0	103
6	XXV.	14	15	27.0	111
7	XXIII.	15	54	26.7	110



Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde, Gramm	Relationszahlen
		Jahre	Tage		
8	XX.	15	217	30.7	126
9	XXVIII.	17	253	25.3	104
10	XXVII.	etwa 30	—	26.4	109
11	V.	40—50	—	36.3	149
12	XXXVI.	65	290	24.3	100

Diese Minimalwerthe geben wesentlich dieselben Resultate wie die Mittelwerthe.

In der folgenden Tabelle stellen wir unsere Berechnungen über die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht zusammen.

Die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht.

Nummer	Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	CO <sub>2</sub> pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht, Gramm	Relationszahlen
1	XXXV.	21.8	1.138	290
2	XXII.	26.6	0.850	218
3	XIX.	31.0	0.845	217
4	XXVI.	36.2	0.743	191
5	XXIV.	39.5	0.696	178
6	XXV.	44.3	0.661	170
7	XXIII.	48.6	0.562	144
8	XX.	49.9	0.639	164
9	XXVIII.	53.9	0.503	129
10	XXVII.	53.9	0.540	138
11	V.	67.0	0.554	142
12	XXXVI.	66.9	0.390	100

Das Ergebniss ist hier im grossen Ganzen dasselbe wie bei der entsprechenden Zusammenstellung der Versuche an männlichen Individuen. Je grösser das Körpergewicht ist, um so kleiner wird im Allgemeinen die Kohlensäureabgabe pro 1 <sup>kg</sup> Körpergewicht. Von dieser Regel finden sich allerdings einige Ausnahmefälle vor, unter welchen jedoch eigentlich nur Nr. 8 (Versuch XX) von grösserer Bedeutung ist.

Unter Anwendung derselben Constanten wie bei den Versuchen an männlichen Individuen haben wir die Körperoberfläche sowie die Kohlensäureabgabe pro 1<sup>qm</sup> bei unseren weiblichen Versuchspersonen berechnet. Die Resultate sind folgende.

Die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen  
pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Körperoberfläche Quadratmeter	Kohlensäure pro Quadratmeter und Stunde, Gramm	Relationszahlen
1	XXXV.	0.928	26.61	211
2	XXII.	1.088	20.78	164
3	XIX.	1.204	21.75	172
4	XXVI.	1.336	20.14	159
5	XXIV.	1.490	18.46	146
6	XXV.	1.608	18.22	144
7	XXIII.	1.711	15.99	126
8	XX.	1.741	18.32	145
9	XXVIII.	1.833	14.78	117
10	XXVII.	1.788	16.27	129
11	V.	2.068	17.94	142
12	XXXVI.	2.068	12.64	100

Wir finden hier ganz dasselbe Ergebniss, welches wir bei den männlichen Individuen erhielten, wieder. Und da unsere weiblichen Versuchspersonen im Allgemeinen ganz exemplarisch still sassen, ist das vorliegende Ergebniss vielleicht noch beweisender. Bei den kleinsten Mädchen ist die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche mehr als doppelt so gross, wie bei den alten Damen (Versuch XXXVI) und es mag als eine Eigenthümlichkeit noch bemerkt werden, dass die Relationszahl für die kleinen Mädchen fast genau dieselbe ist als diejenige für die kleinen Knaben. Von der ersten Altersklasse an wird die pro Einheit der Körperoberfläche berechnete Kohlensäureabgabe, ganz wie bei den Knaben, immer geringer.

Eine Berechnung derselben Art, wie die früher für männliche Individuen durchgeführte (vgl. S. 80) ergibt Folgendes. Angenommen

dass die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche bei Kindern und älteren Damen gleich gross wäre, so sollte dieselbe, da die Kohlensäureabgabe im Versuch XXXVI 12.64 s pro Quadratmeter beträgt, bei den kleinsten Mädchen (Nr. 1)  $0.928 \times 12.64 = 11.73$  s ausmachen, was pro 1 kg Körpergewicht (21.8 kg) 0.539 s entspricht. Wir haben aber für die kleinsten Mädchen 1.133 s Kohlensäure pro 1 kg Körpergewicht gefunden.

Der mächtige Einfluss, den das jugendliche Alter an und für sich auf die Kohlensäureabgabe ausübt, gewinnt eine sehr interessante Beleuchtung durch Versuche, welche wir aus den vorhergehenden Zusammenstellungen ausgeschlossen haben, weil sich die Versuchspersonen dabei ziemlich lebhaft bewegten. Dessen ungeachtet hat in diesen Versuchen die Kohlensäureabgabe den Werth lange nicht erreicht, welcher bei jungen und ganz stillsitzenden Mädchen erhalten wurde.

Wir theilen einen solchen Versuch hier mit.

### Versuch II. 30. März 1893.

19 junge Damen. Mittleres Alter 15 Jahre. Mittleres Körpergewicht 47.4 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen Bonbons und Kuchen (zusammen 2.3 kg) und 1.2 kg Wasser. A = 99.0. B = 761 mm.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströ- menden Luft	in d. Respira- tionskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Approx.											
12 <sup>h</sup> 17' Nachm.		289.3	—	291.3	2.5	4.8	0.700 I. 0.680 II. 0.680 III.	0.683			
	16.59								86.1	316	336
12 <sup>h</sup> 47' „		289.3	—	293.2	2.6	7.6	2.244	2.222			
	17.93								82.8	304	205
1 <sup>h</sup> 17' „		289.3	—	294.3	2.7	8.7	3.480	3.440			
	17.23								103.4	379	344
1 <sup>h</sup> 47' „		289.3	—	294.7	2.8	11.0	4.943	4.871			
	18.23								107.3	393	484
2 <sup>h</sup> 17' „		289.3	—	295.6	2.9	14.2	6.052 I. 6.032 II.	5.929			
									Sa.	379.6	1392

Pro Kilogramm und Stunde beträgt die Kohlensäureabgabe im Mittel 0.772 g, während sie bei 8jährigen Mädchen 1.33 und bei 10- bis 11jährigen 0.850 (Versuch XXXV, XXII, XIX) beträgt. Ja sogar die Periode (1<sup>h</sup> 47' bis 2<sup>h</sup> 17' Nachm.), während welcher die grösste Kohlensäureabgabe erschien, giebt pro Stunde und Kilogramm nur 0.873, also fortwährend weniger als bei 8jährigen Mädchen und nur unbedeutend mehr als bei 10- bis 11jährigen, wenn sie ganz still sitzen.

Dasselbe Resultat geht auch aus der Berechnung der Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter der Körperoberfläche hervor. Pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche ist die Kohlensäureabgabe bei dem vorliegenden Versuch im Mittel 21.75 und während der Periode von 1<sup>h</sup> 47' bis 2<sup>h</sup> 17': 24.55 g. Bei den kleinsten Mädchen ist sie aber 26.61 und bei den drei folgenden Altersklassen bezw. 20.78, 21.75, 20.14.

### § 3. Die Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen.

Ein Vergleich zwischen den in den oben mitgetheilten Tabellen enthaltenen Zahlen für die Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen ergibt sofort, dass diese bei weiblichen Individuen erheblich geringer ist als bei männlichen, gleichgültig wie die Versuche berechnet werden.

Der besseren Uebersicht halber haben wir aus diesem Gesichtspunkte unsere Versuche in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Dabei sind aber nur solche Versuche aufgenommen, bei welchen die männlichen und die weiblichen Individuen hinsichtlich ihrer Körpergrösse und ihres Alters einander gleich gewesen sind. Ferner haben wir die Versuche Nr. 4 und 6, 9 und 10, 16 und 17 an männlichen Individuen, und die Versuche Nr. 7 und 8 sowie 9 und 10 an den weiblichen Individuen zusammengeschlagen, weil das Körpergewicht und das Alter bei diesen Versuchen nur wenig differiren, wenn wir nämlich für den Versuch Nr. 10 an weiblichen Individuen eine Ausnahme machen. Das mittlere Alter ist hier allerdings 30 Jahre, das Körpergewicht aber ganz dasselbe wie im Versuch Nr. 9 und dazu noch die Kohlensäureabgabe etwas grösser.

Das Verhältniss zwischen der Kohlensäureabgabe bei  
männlichen und weiblichen Individuen.

A. Pro Kilogramm Körpergewicht.

Männliche Individuen			Weibliche Individuen			Kohlensäure pro Stunde und Kilogramm		Relationszahlen, weibliche Indivi- duen : männlichen
Nummer in der General- tabelle I.	Körper- gewicht, Kilogramm	Alter, volle Jahre	Nummer in der General- tabelle II.	Körper- gewicht, Kilogramm	Alter, volle Jahre	Männliche Individuen	Weibliche Individuen	
1	20.1	7	1	21.8	7	1.149	1.133	100 : 101
2	27.5	9	2	26.6	9	1.207	0.850	100 : 142
4 u. 6	30.9	10—11	3	31.0	11	1.085	0.845	100 : 131
7	34.1	12	4	36.2	12	0.997	0.743	100 : 134
9 u. 10	44.9	13—14	6	44.3	14	0.980	0.661	100 : 148
11	51.4	15	7 u. 8	49.3	15	0.813	0.601	100 : 135
12	55.5	17	9 u. 10	58.9	17, 30	0.814	0.522	100 : 156
16 u. 17	72.4	30—50	11	67.0	40—50	0.499	0.554	100 : 90
18	84.6	57	12	66.9	65	0.407	0.390	100 : 104

B. Pro Quadratmeter Körperoberfläche.

Männliche Individuen		Weibliche Individuen		Kohlensäure pro Stunde und Quadratmeter		Relationszahlen, weibliche Indivi- duen : männ- lichen
Nummer in der General- tabelle I.	Körper- oberfläche, Quadratmeter	Nummer in der General- tabelle II.	Körper- oberfläche, Quadratmeter	Männliche Individuen	Weibliche Individuen	
1	0.879	1	0.928	26.27	26.61	100 : 99
2	1.112	2	1.088	26.89	20.78	100 : 144
4 u. 6	1.202	3	1.204	27.88	21.75	100 : 128
7	1.283	4	1.336	26.49	20.14	100 : 132
9 u. 10	1.623	6	1.608	27.12	18.22	100 : 149
11	1.776	7 u. 8	1.726	23.54	17.16	100 : 137
12	1.869	9 u. 10	1.811	24.18	15.53	100 : 156
16 u. 17	2.177	11	2.068	16.55	17.94	100 : 90
18	2.415	12	2.066	14.24	12.64	100 : 113

Sowohl nach dem Körpergewicht als nach der Körperoberfläche berechnet ergeben die Versuche, dass im **jugendlichen Alter** die Kohlensäureabgabe bei männlichen Individuen beträchtlich grösser als bei weiblichen etwa desselben Alters und desselben Körpergewichtes ist. Von dieser Regel stellt allerdings die erste Altersklasse eine Ausnahme dar, indem hier die Kohlensäureabgabe bei Mädchen sogar etwas grösser ist als bei Knaben. Diese Ausnahme findet aber ihre Erklärung darin, was wir oben (S. 73) über den allgemeinen Körperzustand der jüngsten Knaben bemerkt haben.

Die übrigen Versuche geben als Relation zwischen der Kohlensäureabgabe bei weiblichen und männlichen Individuen sowohl nach Kilogramm Körpergewicht als nach Quadratmeter Körperoberfläche im Mittel 100:141. Die Variationen bei den verschiedenen Altersklassen sind nur klein: die Extreme sind 100:131 und 100:156 (nach Kilogramm Körpergewicht).

Dieses Resultat ist schon früher von Scharling, Andral-Gavarett und Speck ausgesprochen worden. Man dürfte jedoch ohne Uebertreibung sagen können, dass diese Autoren dasselbe eher geahnt als bewiesen haben. Denn Scharling's und Speck's Versuchsmaterial war nur wenig umfangreich; Andral und Gavarret dehnten allerdings ihre Versuche auf eine grössere Anzahl Individuen aus, sie versäumten aber das Körpergewicht ihrer Versuchspersonen mitzuthellen und deswegen sind ihre Zahlenwerthe nur wenig beweisend.

Wir können uns nicht vorstellen, dass die Ursache der verschieden grossen Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen von irgend einer Zufälligkeit bedingt ist. Es ist wohl wahr, dass jene im Allgemeinen nicht so vollkommen still sassen wie diese. Daraus lässt sich aber die grosse Differenz nicht erklären, denn z. B. in Versuch Nr. 2 sassen die Knaben absolut eben so still als die Mädchen im entsprechenden Versuch, und trotzdem ist die Relation hier zwischen Mädchen und Knaben wie 100:142; dasselbe gilt von Nr. 12 (Jünglinge) im Vergleich mit Nr. 9 und 10 (junge Damen).

Die Erklärung der betreffenden Thatsache ist, unserer Meinung nach, vor allem darin zu suchen, dass männliche Individuen in der Regel eine im Verhältniss zum Körpergewicht grössere Muskelmasse als weibliche Individuen besitzen, wozu noch möglicherweise der Muskeltonus bei jenen grösser ist als bei diesen.

Leider ist unser Versuchsmaterial zu wenig umfangreich, um uns zu erlauben, ganz bestimmte Schlüsse hinsichtlich der Kohlensäureabgabe bei Männern und Frauen, welche ihre Wachstumsperiode schon zurückgelegt haben, zu ziehen. Es scheint aber aus den Versuchen

Nr. 16 bis 18 an männlichen Individuen, mit den Versuchen Nr. 11 und 12 an weiblichen Individuen verglichen, hervorzugehen, dass sich der im Kindes- und Jugendalter so deutlich und scharf hervortretende Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern allmählich verwischt, um endlich bei herannahendem Greisenalter ganz zu verschwinden.

Jedoch scheinen uns neue Versuche nothwendig zu sein, ehe diese Frage endgültig beantwortet werden kann.

#### § 4. Einige hygienische Bemerkungen.

Eine genauere Kenntniss von der Kohlensäureabgabe bei Individuen verschiedenen Alters und Geschlechts hat insofern ein hygienisches Interesse, als wir hierdurch die Möglichkeit gewinnen, durch Analyse des Kohlensäuregehaltes in der Luft eine approximative Schätzung der Ventilationsgrösse in einem Zimmer, wo sich Menschen befinden, zu erhalten. Für Schulen, wo man nicht selten sowohl den Kohlensäuregehalt als die Ventilationsgrösse während der Schulstunde selbst zu bestimmen wünscht, scheint dies von einer gewissen Bedeutung zu sein.

Unsere in diesem Abschnitt dargestellten Versuche sind vor Allem gerade zu diesem Zwecke geeignet, da ja die Versuchsbedingungen denen sehr ähnlich sind, welche bei einer Schulstunde stattfinden.

Kurz zusammengefasst sind unsere Ergebnisse über die Kohlensäureabgabe bei Kindern und jungen Leuten die folgenden:

Alter, Jahre	CO <sub>2</sub> pro Individuum und Stunde	
	Gramm	Liter bei 0° und 760 mm
<b>Männliche Individuen.</b>		
9½—12½	33.6	17.1
13½—19½	43.6	22.2
<b>Weibliche Individuen.</b>		
8—10	23.6	12.0
11—18	28.0	14.2

Wir bemerken, dass sich die Ergebnisse auf wohlgenährte Individuen beziehen.

Will man unter Anwendung dieser Werthe die Ventilation in einem Schulzimmer approximativ berechnen, hat man nur die allgemeine Ventilationsformel zu benutzen, wobei selbstverständlich

Approximationen und Vereinfachungen gemacht werden können. Nach dem, was wir in der ersten Abtheilung schon gesagt haben, dürfte eine Darstellung, wie diese Berechnung auszuführen ist, nicht nothwendig sein. Da die Ventilationsmenge hier unbekannt ist, muss man natürlich die Berechnung durch Einsetzen von Probewerthen vornehmen; wenn man aber mehrere kurze Versuchsperioden nimmt und bei der präliminären Rechnung die Formel 8, Seite 30, benutzt, kann man sich die Arbeit wesentlich erleichtern.

Der Kohlensäuregehalt der Luft wird nach Pettenkofer als Indicator der Luftverderbniss in einem bewohnten Zimmer benutzt, und zwar bezeichnet man als die obere Grenze des zulässigen Kohlensäuregehaltes 0.7 bis 1.0 pro Mille.

Ohne das hygienisch Richtige darin, hohe Anforderungen an die Beschaffenheit der Luft in bewohnten Zimmern zu stellen, bestreiten zu wollen, müssen wir jedoch bemerken, dass wir bei unseren Versuchen gar nichts gefunden haben, was ungezwungen als Zeichen darauf gedeutet werden könnte, dass der Kohlensäuregehalt einen Ausdruck für die Luftverderbniss darstelle. Unsere Versuchsindividuen klagten zuweilen über das von dem Wasserpumpwerk und von dem Flügelrad erzeugte Geräusch; dagegen machten sie nie eine Bemerkung über „schlechte Luft“, sogar nicht, wenn der Kohlensäuregehalt ein sehr hoher war. Beim Eintritt in die Respirationskammer nach den Versuchen haben wir oft bei einem Kohlensäuregehalt von 3 bis 4 pro Mille mit dem Geruch keine Luftverderbniss wahrnehmen können. In anderen Fällen konnte es eintreffen, dass die Luft schon bei 1 bis 1.5 pro Mille Kohlensäure als sehr unangenehm bezeichnet werden musste. Dies ist natürlich von der verschiedenen Reinlichkeit und Sauberkeit der Versuchspersonen abhängig gewesen. Da diese aber in keinem Verhältniss zur Kohlensäureabgabe steht, dürfte die letztere keinen absoluten Massstab wenigstens für die Qualität der Luft darstellen.

Von einem grösseren hygienischen Interesse als die Kohlensäureabgabe ist die Abgabe von Wasserdampf, und zwar vor Allem für die Wohnungshygiene.

Eine der grössten Ungelegenheiten, welche eine engbewohnte Wohnung verursacht, liegt darin, dass Wasserdampf in grösserer Menge abgegeben wird, als die Ventilation zu entfernen vermag. Die Folge davon ist die, dass der Wasserdampf auf die Wände condensirt und von diesen, wenn sie porös sind, zurückgehalten wird. Dadurch entstehen öfters sogenannte feuchte Wohnungen. Eine bestimmte Relation



zwischen dem abgegebenen Wasserdampf und dem mit der Ventilation entfernten darf daher nicht überschritten werden. Welche Relation in dieser Hinsicht eingehalten werden muss, damit keine Condensation von Wasser stattfinden soll, ist von der Dicke der Mauern, von der inneren und äusseren Lufttemperatur u. s. w. abhängig.<sup>1</sup>

Um das Maximum von Menschen zu berechnen, die eine bestimmte Wohnung bewohnen können, ist es nothwendig zu wissen, wie viel Wasserdampf ein Mensch thatsächlich abgibt. Aus unseren Versuchen über die Abgabe von Wasserdampf bei Menschen verschiedenen Alters und Geschlechtes werden wir daher die Ergebnisse derjenigen Perioden anführen, welche die genauesten Resultate gegeben haben. Beim Bericht über die Controlversuche wiesen wir nach, wie bei zunehmender Feuchtigkeit in der Respirationskammer auch die Wasserabsorption der Wände zunahm, was zur Folge hatte, dass zu geringe Wassermengen während der späteren Perioden eines Versuches gefunden wurden. Uebrigens war auch während der ersten Periode die gefundene Wassermenge in der Regel zu niedrig. Daher haben wir bei der Bearbeitung der Versuche nur diejenigen Werthe in Betracht genommen, welche während der ersten Stunde erhalten wurden. Da wir endlich keine Schlussfolgerungen aus den einzelnen Versuchen an und für sich, sondern nur aus den mittleren Werthen gezogen haben, so dürften — nach den Controlversuchen zu urtheilen — die Analysenfehler für diese Mittelwerthe nicht mehr als etwa 10 Procent betragen.

Denjenigen Factoren gegenüber, welche in negativer Richtung wirken, existirt auch noch ein anderer, welcher die Wasserdampfabgabe vielleicht erhöhen kann. Die Versuchsindividuen waren nämlich gleich vor dem Eintritt in die Respirationskammer in Bewegung gewesen; sie waren daher möglicher Weise schweisig und erhitzt und gaben in Folge dessen während der ersten Versuchsstunde die an den Kleidern anhaftende Feuchtigkeit ab.

In Anbetracht dessen, dass unsere Absicht nicht war, minimale Werthe, sondern solche Werthe, die im praktischen Leben vorkommen, zu erhalten, ist das zuletzt erwähnte Verhalten als ein günstiges aufzufassen. Es entspricht z. B. gerade dem Verhalten in einer Schule, in welche die Schüler, gleich nachdem sie in einer mehr oder weniger kräftigen Bewegung gewesen sind, hineinkommen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Sondén, *Bihang till Stockholms Hälsovårdsnämnds årsberättelse för 1892*. Stockholm 1893.

Unter den „Zufällen“, welche auf die Ergebnisse einwirken, müssen wir an die Temperatur erinnern (s. die Versuchsprotocolle). In der Regel ist die Temperatur in der Respirationskammer 18 bis 21° C. gewesen.

Die nachfolgende Tabelle giebt die Wasserdampfabgabe bei unseren Versuchen approximativ an; in derselben haben wir ausserdem auch Verhältnisszahlen zwischen der gleichzeitigen Kohlensäure- und der Wasserdampfabgabe mitgetheilt.

Alter, Jahre	Zahl der Versuche	Wasser pro Stunde, Gramm	CO <sub>2</sub> : H <sub>2</sub> O
I. Männliche Individuen.			
9½—12½	6	38	100 : 101
13½—17	4	45	100 : 103
19½—23	2	46	100 : 109
II. Weibliche Individuen.			
8—13	5	33	100 : 133
13—18	4	37	100 : 130
[60—70	1	37	100 : 140]

Rubner<sup>1</sup> schätzt die tägliche Wasserdampfabgabe zu etwa 900 g, was für 1 Stunde 37·5 g beträgt.

### § 5. Schlussfolgerungen.

Wir können natürlich nicht die im Vorhergehenden dargestellten Erfahrungen hier wiederholen, wollen aber die wichtigsten Resultate übersichtlich zusammenstellen.

1. Bei männlichen Individuen nimmt die Kohlensäureabgabe zwischen dem 9. und 12. Jahre nur so wenig zu, dass die Differenzen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Variationen fallen. Sie ist also bei Knaben dieses Alters im grossen Ganzen etwa gleich gross und beträgt etwa 33 bis 34 g pro Individuum und Stunde.

Im 13. Lebensjahre steigt die Kohlensäureabgabe beträchtlich in die Höhe und behält diesen hohen Werth bis zum 19. Jahre. Während dieser Jahre ist sie etwa 42 bis 45 g pro Individuum und Stunde.

Vom 20. Lebensjahre an nimmt die Kohlensäureabgabe wieder ab und beträgt bei Männern zwischen 20 bis 30

<sup>1</sup> Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*. 4. Aufl., S. 25. 1892.

Jahren 38, bei Männern von 35 bis 60 Jahren 34 bis 37 \* pro Individuum und Stunde.

Bei männlichen Individuen im Alter von 9 bis 12, 13 bis 19, 22 bis 25, 34 bis 44 und 57 Jahren verhält sich die Kohlensäureabgabe wie 98 : 126 : 111 : 105 : 100.

2. Bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe zwischen dem 8. und 10. Jahre etwa 23 bis 25 \* pro Individuum und Stunde.

Sie nimmt dann zu, ohne jedoch die bei den Knaben hervortretende steile Steigerung zu zeigen, und variiert während der ganzen Periode vom 11. bis 30. Jahre nur zwischen 26 und 32 \* pro Individuum und Stunde.

Bei einem reiferen Alter scheint sie etwas, wenn auch nicht in einem höheren Grade, abzunehmen, und ist bei alten, 65jährigen Frauen etwa 26 \* pro Individuum und Stunde.

Bei weiblichen Individuen im Alter von 7 bis 9, 11 bis 30 und 65 Jahren verhält sich die Kohlensäureabgabe wie 91 : 108 : 100.

3. Sowohl bei männlichen als bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht grösser bei jüngeren (und leichteren), als bei älteren (und schwereren) Individuen. (In Bezug auf absolute und relative Zahlenangaben siehe S. 77, 90.)

4. Sowohl bei männlichen als bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche grösser bei jüngeren als bei älteren Individuen, wodurch bewiesen wird, dass der jugendliche Körper an und für sich und unabhängig von seiner geringeren Körpergrösse einen regeren Stoffwechsel besitzt. (In Bezug auf absolute und relative Zahlenangaben siehe S. 79, 90.)

5. Im jugendlichen Alter ist die Kohlensäureabgabe sowohl pro Kilogramm Körpergewicht als pro Quadratmeter Körperoberfläche beträchtlich grösser bei männlichen, als bei weiblichen Individuen etwa desselben Alters und desselben Körpergewichtes. Im Mittel ist die Relation hier wie 100 : 140.

Dieser im Kindes- und Jugendalter so deutlich hervortretende Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern scheint sich allmählich zu verwischen, um endlich bei heranahendem Greisenalter ganz zu verschwinden.

## Dritter Abschnitt.

**Ueber die Kohlensäure- und die Stickstoffabgabe des Menschen während der verschiedenen Stunden des Tages.**

## § 1. Geschichtliche Einleitung.

Die einzigen bisher vorliegenden ausführlichen Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe des Menschen während der verschiedenen Stunden des Tages sind von E. Smith und Magnus-Levy ausgeführt.

Smith athmete durch eine dicht schliessende Maske; die ausgeathmete Luft wurde mittels einer trockenen Gasuhr gemessen, wonach sie durch Gefässe mit Schwefelsäure, bezw. Aetzkali zur Absorption von Wasserdampf bezw. Kohlensäure geleitet wurde. Die Kohlensäure wurde durch Wägung bestimmt.

Die Versuche wurden so ausgeführt, dass entweder die Kohlensäure jede Stunde während 5 bis 10 Minuten bestimmt wurde, oder auch die Versuchsperson den ganzen Tag hindurch, nur mit Ausnahme der Mahlzeiten, durch die Maske athmete.

Die Ergebnisse seiner Versuche hat Smith in englischen Grains ( $1^g = 15.432$  Grains) mitgetheilt. In der folgenden Zusammenstellung haben wir dieselben in Gramme umgerechnet.

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. Beobachtungsdauer 10 Min.			Bemerkungen
	I. Smith	II. Dr. Murie	III. Dr. Moul	
7 <sup>h</sup> Vorm.	0.408	0.398	0.616	
8 <sup>h</sup> „	0.405	0.440	0.528	
8 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	Frühstück
9 <sup>h</sup> „	0.564	0.592	0.533	
9 <sup>h</sup> 30' „	0.512	0.522	0.736	
10 <sup>h</sup> „	0.482	0.583	0.580	
11 <sup>h</sup> „	0.525	0.532	0.572	
12 <sup>h</sup> Mittags	0.578	0.531	0.596	
1 <sup>h</sup> Nachm.	0.580	0.473	0.496	
1 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	Mittagsessen
2 <sup>h</sup> „	0.570	0.522	0.588	
3 <sup>h</sup> „	0.590	0.598	0.557	
4 <sup>h</sup> „	0.615	0.457	0.567	
5 <sup>h</sup> „	0.620	0.497	0.438	
5 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	Thee
6 <sup>h</sup> „	0.645	0.599	0.525	

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. Beobachtungsdauer 10 Min.			Bemerkungen
	I. Smith	II. Dr. Murie	III. Dr. Moul	
7 <sup>h</sup> Nachm.	0.622	0.548	0.655	Abendbrod
8 <sup>h</sup> „	0.622	0.507	0.538	
8 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	
9 <sup>h</sup> „	0.590	0.510	0.502	
10 <sup>h</sup> „	0.619	0.493	0.541	
11 <sup>h</sup> „	0.608	0.499	0.535	
12 <sup>h</sup> „	0.617	0.475	0.486	
	IV. Smith <sup>1</sup>	V. Prof. Frank- land <sup>1</sup>	VI. Dr. Moul <sup>1</sup>	
6 <sup>h</sup> 30' Vorm.	0.577	0.337	0.460	Frühstück
7 <sup>h</sup> „	0.583	0.350	0.473	
8 <sup>h</sup> „	0.564	0.298	0.441	
8 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	
9 <sup>h</sup> „	0.655	0.389	0.460	
9 <sup>h</sup> 30' „	0.674	0.486	0.551	
10 <sup>h</sup> 5' „	0.706	0.538	0.544	
10 <sup>h</sup> 35' „	0.745	0.486	0.557	Mittagsessen
11 <sup>h</sup> 5' „	0.732	0.402	0.525	
12 <sup>h</sup> Mittags	0.629	0.434	0.467	
1 <sup>h</sup> Nachm.	0.648	0.395	0.499	
1 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	
2 <sup>h</sup> „	0.609	0.421	0.493	
2 <sup>h</sup> 30' „	0.616	0.441	0.493	
3 <sup>h</sup> „	0.642	0.421	0.533	Thee
4 <sup>h</sup> „	0.700	0.454	0.551	
5 <sup>h</sup> „	0.583	0.441	0.525	
5 <sup>h</sup> 30' „	—	—	—	
6 <sup>h</sup> 10' „	0.629	0.454	0.551	
6 <sup>h</sup> 35' „	0.745	0.486	0.564	
7 <sup>h</sup> „	0.713	0.505	0.596	
8 <sup>h</sup> „	0.693	0.499	0.609	
9 <sup>h</sup> „	0.590	—	0.538	
10 <sup>h</sup> „	0.570	—	0.467	

<sup>1</sup> In IV bis IX sind 0.01 von Grains nach bekannten Regeln fortgelassen.

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. VII. Ununterbrochenes Aufsammlen von Kohlensäure. Versuchsperson Smith	Mittel aus Bestimmungen	Bemerkungen
6 <sup>h</sup> 45' bis 8 <sup>h</sup> 15' Vorm.	0.498	7	Frühstück
8 <sup>h</sup> 30' " 8 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
8 <sup>h</sup> 30' " 9 <sup>h</sup> 30' "	0.674	3	
9 <sup>h</sup> 30' " 10 <sup>h</sup> 30' "	0.642	4	
10 <sup>h</sup> 30' " 11 <sup>h</sup> 30' "	0.680	4	Mittagsessen
11 <sup>h</sup> 30' " 1 <sup>h</sup> 15' Nachm.	0.700	7	
1 <sup>h</sup> 30' " 1 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
1 <sup>h</sup> 47' " 2 <sup>h</sup> 30' "	0.583	4	
2 <sup>h</sup> 30' " 3 <sup>h</sup> 30' "	0.609	4	Thee
3 <sup>h</sup> 30' " 4 <sup>h</sup> 30' "	0.583	4	
4 <sup>h</sup> 30' " 5 <sup>h</sup> 15' "	0.596	3	
5 <sup>h</sup> 15' " 5 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
5 <sup>h</sup> 45' " 6 <sup>h</sup> 30' "	0.674	4	
7 <sup>h</sup> 15' " 8 <sup>h</sup> 15' "	0.564	3	
8 <sup>h</sup> 15' " 9 <sup>h</sup> 15' "	0.544	2	

## VIII.

7 <sup>h</sup> 30' Vorm.	0.454	sitzend	Frühstück
8 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
8 <sup>h</sup> 45' "	0.525	sitzend	
9 <sup>h</sup> 30' "	0.804	"	
10 <sup>h</sup> 30' "	0.674	"	
11 <sup>h</sup> 30' "	0.713	"	
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.	0.661	"	
12 <sup>h</sup> 45' "	0.732	"	
1 <sup>h</sup> "	0.713	"	Mittagsessen
1 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
1 <sup>h</sup> 46' "	0.654	sitzend	
2 <sup>h</sup> 30' "	0.654	stehend von 2 <sup>h</sup> 40'	
3 <sup>h</sup> 5' "	0.810	sitzend	
3 <sup>h</sup> 30' "	0.771	stehend von 4 <sup>h</sup> 15' bis 4 <sup>h</sup> 30'	
4 <sup>h</sup> 30' "	0.752	stehend 1/2 St., sitzend 20 Min. stehend 25 Min.	
5 <sup>h</sup> 35' "	—	—	
5 <sup>h</sup> 45' "	0.855	sitzend 1/2 St., stehend 1/2 St.	Thee
6 <sup>h</sup> 30' "	0.726	sitzend 1/2 St., stehend 1/2 St., sitzend 1/4 St.	
7 <sup>h</sup> 46' "	0.823	sitzend 1/2 St., stehend 14 Min.	
8 <sup>h</sup> 30' "	—	—	
8 <sup>h</sup> 48' "	0.758	sitzend	Abendbrod
9 <sup>h</sup> 30' "	0.797	"	
9 <sup>h</sup> 50' "	0.888	sitzend 1/2 St., stehend 10 Min.	
10 <sup>h</sup> 30' bis 11 <sup>h</sup> 30' "	0.732	sitzend	

Auch machte Smith an sich selbst einen Versuch beim Hungern. Das Ergebniss ist folgendes:

Zeit	IX. Kohlensäureabgabe pro Minute. Beobachtungsdauer 5 Min.	Bemerkungen
6. Juli. 9 <sup>h</sup> 30' Vorm.	—	Die letzte Mahlzeit.
1 <sup>h</sup> Nachm.	0.486	
2 <sup>h</sup> „	0.447	
3 <sup>h</sup> „	0.480	
4 <sup>h</sup> „	0.460	
5 <sup>h</sup> „	0.454	
6 <sup>h</sup> „	0.454	
7 <sup>h</sup> „	0.454	
8 <sup>h</sup> „	0.434	
9 <sup>h</sup> „	0.454	
10 <sup>h</sup> „	0.460	
11 <sup>h</sup> „	0.421	
7. „ 7 <sup>h</sup> Vorm.	0.454	
8 <sup>h</sup> „	0.428	
9 <sup>h</sup> „	0.467	
10 <sup>h</sup> „	0.434	

Smith theilt noch einige Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe im Schlafe mit. Eine Nacht „whilst scarcely awake“ bestimmte er seine Kohlensäureabgabe um 1 Uhr 30 Min., 2 Uhr 30 Min. und 6 Uhr 15 Min. Vormittags und erhielt dabei pro Minute 0.369, 0.382, 0.395 \* CO<sub>2</sub> (Beobachtungsdauer 15 Min.). Eine andere Nacht fand er bei einem leichten Schlaf um 1 und 3 Uhr Vormittags 0.318 und 0.324 \* CO<sub>2</sub> pro Minute (Beobachtungsdauer auch hier 15 Minuten).<sup>1</sup>

Magnus-Levy führte seine Versuche nach der in Zuntz' Laboratorium geübten Methode aus.<sup>2</sup> Die Dauer der Probenahme scheint zwischen 17 und 35 Minuten variirt zu haben, und war für den längsten von ihm mitgetheilten Versuch beim Hunger im Mittel 23 Min. In diesem Versuch, welcher von 9 Uhr Vormittags bis 7 Uhr 21 Min. Vormittags des folgenden Tages währte, wurden die folgenden Werthe für die Kohlensäureabgabe pro Minute erhalten.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Smith, *Philosophical transactions*. Bd. CIL, 2, S. 688—694, 696—698. 1859.

<sup>2</sup> Magnus-Levy, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LV, S. 1—126. 1893.

<sup>3</sup> Dieselben sind von uns in Gramme reducirt.

Zeit	CO <sub>2</sub> pro Min. Gramm	Bemerkungen.
9 <sup>h</sup> 3' Vorm.	0.384	Die letzte Mahlzeit 13 Stunden vor dem Versuche.
9 <sup>h</sup> 35' "	0.316	
10 <sup>h</sup> 9' "	0.331	
11 <sup>h</sup> 48' "	0.314	
12 <sup>h</sup> 46' Nachm.	0.325	
1 <sup>h</sup> 40' "	0.335	
2 <sup>h</sup> 48' "	0.333	
3 <sup>h</sup> 49' "	0.329	
4 <sup>h</sup> 50' "	0.314	
5 <sup>h</sup> 41' "	0.317	
6 <sup>h</sup> 44' "	0.333	
7 <sup>h</sup> 55' "	0.302	200 <sup>ccm</sup> Wasser.
9 <sup>h</sup> 45' "	0.302	
10 <sup>h</sup> 6' "	0.274	Schläft.
10 <sup>h</sup> 30' "	0.294	
12 <sup>h</sup> 53' Vorm.	0.296	} Schläft von Zeit zu Zeit.
1 <sup>h</sup> 19' "	0.292	
1 <sup>h</sup> 41' "	0.315	
4 <sup>h</sup> 16' "	0.337	} do. do.
4 <sup>h</sup> 39' "	0.339	
7 <sup>h</sup> 1' "	0.353	
7 <sup>h</sup> 21' "	0.323	

Ferner machte Magnus-Levy Versuche nach Nahrungsaufnahme in der Weise, dass er zuerst den respiratorischen Gaswechsel bei Fasten bestimmte, dann seiner Versuchsperson eine verschieden zusammengesetzte Kost verabreichte und untersuchte, wie sich der Gaswechsel dadurch veränderte. Da wir bis jetzt keine Versuche in dieser Richtung gemacht haben, werden wir diese Versuche Magnus-Levy's hier übergehen.

Dagegen erlauben wir uns einen Versuch von ihm mitzutheilen, bei welchem die Versuchsperson zu den gewöhnlichen Mahlzeitsstunden frei gewählte Kost genoss. Dieser Versuch ergab Folgendes.

Zeit	CO <sub>2</sub> pro Min., Gramm	Bemerkungen.
8 <sup>h</sup> 47' bis 9 <sup>h</sup> 7' Vorm.	0.325	Bei Fasten; Mittel aus 2 Bestimmungen. Frühstück.
10 <sup>h</sup> "	—	
10 <sup>h</sup> 32' "	0.418	
11 <sup>h</sup> 38' "	0.473	



Zeit	CO <sub>2</sub> pro Min., Gramm	Bemerkungen.
12 <sup>h</sup> 37' Nachm.	0.416	
1 <sup>h</sup> 35' "	0.382	
1 <sup>h</sup> 55' "	—	Mittagessen
3 <sup>h</sup> 7' "	0.463	
4 <sup>h</sup> 3' "	0.443	
5 <sup>h</sup> 3' "	0.412	
6 <sup>h</sup> 3' "	0.384	
7 <sup>h</sup> 8' "	0.374	
8 <sup>h</sup> "	—	Abendbrod
8 <sup>h</sup> 53' "	0.402	
9 <sup>h</sup> 53' "	0.428	
10 <sup>h</sup> 54' "	0.378	
1 <sup>h</sup> 10' Vorm.	0.304	
4 <sup>h</sup> 32' "	0.321	
7 <sup>h</sup> 45' "	0.359	

Nachdem wir über unsere eigenen Untersuchungen berichtet haben, werden wir die in diesen Angaben enthaltenen Ergebnisse näher besprechen.

## § 2. Die stündliche Kohlensäureabgabe bei ruhenden Menschen während 4 bis 5 Stunden.

Unsere Versuche über die Kohlensäureabgabe bei Ruhe während der verschiedenen Stunden des Tages sind in 2 Reihen ausgeführt. In der einen, welche wesentlich vorgenommen wurde, um eine Grundlage für die Beurtheilung der Einwirkung der Muskelarbeit auf die Kohlensäureabgabe zu gewinnen, währten die Versuche nur 4 bis 5 Stunden lang. Diese Versuche fanden am Vormittag statt, 2 bis 3 Stunden nachdem die Versuchsperson ihr Frühstück genossen hatte. Während der ganzen Versuchsdauer verhielt sich die Versuchsperson so still wie möglich, sitzend oder halb liegend in einem Ruhesessel. Die Kohlensäureabgabe wurde jede Stunde durch doppelte Analysen bestimmt.

## Versuch XLIII. 12. Februar 1894.

F. A. W., mechanischer Arbeiter, geb. 19. Juli 1861. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 57.47 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 57.29 <sup>kg</sup>. Frühstück um 9 Uhr Vorm. A = 100.4. B um 10 Uhr Vorm. 715, um 12 Uhr Mittags 712 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>
	cbm			mm				
10 <sup>h</sup> Vorm.		289.9	291.5	4.1	0.416	0.414		
11 <sup>h</sup> „	3.04						6.7	25
		289.8	291.6	5.3	0.548 0.560	0.550		
12 <sup>h</sup> „	2.99						7.3	27
		289.7	291.6	5.6	0.708 0.692	0.695		
1 <sup>h</sup> Nachm.	2.99						7.3	27
		289.7	291.6	5.9	0.848 0.840	0.837		
2 <sup>h</sup> „	3.11						6.4	23
		289.7	291.6	6.0	0.964 0.960	0.954		
3 <sup>h</sup> „	3.14						6.7	25
		289.7	291.7	6.2	1.088 1.080	1.075		

## Versuch XXXII. 16. Januar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 73.78 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 73.63 <sup>kg</sup>. Frühstück um 8 Uhr 15 Min. Vormittags. A = 100.4. B = 756 <sup>mm</sup>.

11 <sup>h</sup> Vorm.		290.4	292.8	6.2	0.516			
	5.29				0.480 a)	0.489		
					0.484 b)		7.9	29
12 <sup>h</sup> Mittags		290.4	292.9	6.6	0.640	0.634		
	5.31				0.640		8.4	31
1 <sup>h</sup> Nachm.		290.4	292.7	6.5	0.796	0.781		
	5.31				0.780		7.9	29
2 <sup>h</sup> „		290.4	292.5	6.4	0.916	0.912		
	5.30				0.924		7.9	29
3 <sup>h</sup> „		290.4	292.3	6.5	1.040	1.035		
	5.30				1.048		7.3	27
4 <sup>h</sup> „		290.4	292.1	6.4	1.156	1.140		
					1.144			

## Versuch XLVII. 19. Februar 1894.

L. B., Bäcker, geb. 16. Mai 1868. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 64·76<sup>kg</sup>, nach dem Versuch 64·36<sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 60<sup>g</sup> Wasser. Frühstück um 8 Uhr Vormittags. A = 100·4. B = 771<sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm	
	cbm	in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>
11 <sup>h</sup> 15' Vorm.	3·45	288·8	292·4	4·9	0·440 0·428	0·431	9·3	34
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	3·46	288·8	292·3	5·6	0·608 0·612	0·606	8·2	30
1 <sup>h</sup> 15' „	3·45	288·8	292·1	6·0	0·768 0·752	0·754	8·8	32
2 <sup>h</sup> 15' „	3·53	288·9	291·8	6·1	0·920 0·912	0·909	8·3	30
3 <sup>h</sup> 15' „		289·0	291·4	6·1	1·060 1·052	1·048		

## Versuch XXXIX. 2. Februar 1894.

E. F., Studirender, geb. 1871. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 64·40<sup>kg</sup>, nach dem Versuch 64·15<sup>kg</sup>. Frühstück um 9 Uhr 45 Min. Vormittags. A = 100·4. B = 749<sup>mm</sup>.

11 <sup>h</sup> 20' Vorm.		289·9	291·6	5·5	0·488 0·484	0·482		
	5·27						9·8	36
12 <sup>h</sup> 20' Nachm.		289·9	291·6	6·1	0·672 0·668	0·665		
	5·48						8·2	30
1 <sup>h</sup> 20' "		289·9	291·6	6·3	0·828 0·804 0·812	0·808		
	5·43						8·2	30
2 <sup>h</sup> 20' "		289·9	291·6	6·4	0·956 0·944	0·942		
	5·39						8·1	30
3 <sup>h</sup> 20' "		289·9	291·5	6·6	1·076 1·080	1·069		
	5·44						7·9	29
4 <sup>h</sup> 20' "		289·9	291·5	6·6	1·200 1·192	1·185		

## Versuch LXI. 29. October 1894.

E. T., Studirender, 21 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 76.00 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 75.75 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nichts. Frühstück um 8 Uhr Vormittags. A = 100.4. B = 761 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>
10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		288.7	292.4	4.8	0.460 0.432	0.443		
11 <sup>h</sup> 15' „	6.87	288.7	291.9	5.5	0.640 0.640	0.635	10.5	38
	6.92						9.9	36
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		288.7	291.3	5.6	0.812 0.804	0.802		
	7.07						10.7	39
1 <sup>h</sup> 15' „		288.8	290.8	5.6	0.984 0.976	0.973		
	7.11						9.3	34
2 <sup>h</sup> 15' „		288.8	290.5	5.8	1.112 1.120	1.108		
	7.04						9.9	36
3 <sup>h</sup> 15' „		288.8	290.1	5.8	1.260 1.240	1.241		

## Versuch LXIII. 3. November 1894.

O. G. Ä., Studirender, 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 71.60 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 71.45 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 145 <sup>g</sup> Wasser. Frühstück um halb 9 Uhr Vormittags.

A = 100.4. B = 754 <sup>mm</sup>.

10 <sup>h</sup> 25' Vorm.		289.5	294.3		0.456 0.452	0.450		
	7.01						9.5	35
11 <sup>h</sup> 25' "		289.5	294.0		0.632 0.636	0.627		
	7.02						7.5	28
12 <sup>h</sup> 25' Nachm.		289.5	293.6		0.760 0.760	0.752		
	7.11						8.0	29
1 <sup>h</sup> 25' "		289.5	293.0		0.896 0.880	0.878		
	7.11						7.4	27
2 <sup>h</sup> 25' "		289.6	292.6		0.996 0.992	0.983		
	7.15						6.6	24
3 <sup>h</sup> 25' "		289.6	292.3		1.072 1.080	1.064		

## Versuch LXIV. 6. November 1894.

C. W. E., Studirender, 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 73.00 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 72.72 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nichts. Frühstück um halb 9 Uhr Vormittags.

A = 100.4. B = 746 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>
	cbm			mm				
10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290.5	290.7	8.0	0.460	0.455		
	6.97						9.8	36
11 <sup>h</sup> 15' „		290.5	290.9	8.4	0.644 0.644	0.637		
	7.00						10.2	37
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290.6	291.2	8.7	0.824 0.824	0.814		
	7.03						10.5	38
1 <sup>h</sup> 15' „		290.6	294.0	8.9	0.996 1.000	0.986		
	7.06						9.6	35
2 <sup>h</sup> 15' „		290.6	294.1	9.3	1.160 1.128	1.130		
	7.09						9.4	35
3 <sup>h</sup> 15' „		290.6	293.4	9.2	1.276 1.276	1.260		

## Versuch LXVI. 11. November 1894.

J. H. T., Studirender, 25 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 62.80 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 62.87 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 390 <sup>g</sup> Wasser. Frühstück um halb 9 Uhr.

A = 100.4. B = 748 <sup>mm</sup>.

10 <sup>h</sup> 35' Vorm.		289.2	288.1	6.5	0.396 0.392	0.391		
	7.35						6.9	25
11 <sup>h</sup> 37' "		289.2	292.6	7.0	0.528 0.520	0.519		
	7.10						8.6	32
12 <sup>h</sup> 37' Nachm.		289.2	293.2	7.7	0.680 0.680	0.673		
	7.21						7.9	29
1 <sup>h</sup> 37' "		289.2	293.7	8.1	0.812 0.812	0.803		
	7.36						5.2	19
2 <sup>h</sup> 37' "		289.2	293.9	8.3	0.880 0.880	0.870		
	7.27						7.2	27
3 <sup>h</sup> 37' "		289.2	293.9	8.6	0.984 0.984	0.973		

## Versuch LXVII. 17. November 1894.

N. N. W., Candidat der Philosophie, 32 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 82·60 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 82·60 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 160 <sup>g</sup> Wasser. Frühstück um 9 Uhr Vormittags.

A = 100·4. B = 770 <sup>mm</sup>.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>
	cbm			mm				
10 <sup>h</sup> 35' Vorm.		289.6	288.8	6.9	0.448 0.448	0.444		
11 <sup>h</sup> 35' „	6.80	289.6	289.1	7.4	0.628 0.636	0.626	10.1	37
	6.69						10.3	38
12 <sup>h</sup> 35' Nachm.		289.6	289.4	7.8	0.800 0.816	0.800		
	6.60						9.6	35
1 <sup>h</sup> 35' „		289.6	289.5	7.8	0.960 0.960	0.950		
	6.30						8.4	31
2 <sup>h</sup> 35' „		289.6	289.6	7.9	1.080 1.084	1.071		
	6.36						10.3	38
3 <sup>h</sup> 35' „		289.6	289.8	8.1	1.232 1.232	1.219		

Der besseren Uebersicht wegen stellen wir diese Versuche in der folgenden Generaltabelle zusammen.

Generaltabelle III.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm pro Stunde.					Mittel aller Stunden
	I. Stunde	II. Stunde	III. Stunde	IV. Stunde	V. Stunde	
XLIII. F. A. W.	25	27	27	23	25	25·3
XXXII. G. J.	29	31	29	29	27	28·9
XLVII. L. B.	34	30	32	30	—	31·7
XXXIX. E. F.	36	30	30	30	29	31·0
LXI. E. T.	38	36	39	34	36	36·8
LXIII. O. O. Ä.	35	28	29	27	24	28·6
LXIV. C. W. E.	36	37	38	35	35	36·3
LXVI. J. H. T.	25	32	29	19	27	26·2
LXVII. N. N. W.	37	38	35	31	38	35·7

Die Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom entsprechenden Mittelwerth in Procenten des letzteren ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom Mittel  
in Procenten derselben.**

Versuch	I. Stunde	II. Stunde	III. Stunde	IV. Stunde	V. Stunde	Mittel
XLIII.	2.97	5.90	6.49	7.44	2.06	4.97
XXXII.	0.76	6.22	0.62	0.00	7.64	3.05
XLVII.	7.31	5.26	2.02	4.00	—	4.65
XXXIX.	15.49	2.52	3.45	3.55	5.94	6.13
LXI.	4.08	1.63	7.07	7.88	1.63	4.46
LXIII.	22.38	3.85	2.80	5.25	16.08	10.07
LXIV.	1.10	2.76	5.79	2.76	4.68	3.42
LXVI.	4.96	20.23	10.69	27.48	1.15	12.90
LXVII.	3.89	5.68	1.71	13.41	5.49	6.03

Die Abweichung beträgt nur in 7 Fällen mehr als 10 Procent (Versuch XXXIX: 1. Stunde, Versuch LXIII: 1. und 5. Stunde, Versuch LXVI: 2. bis 4. Stunde, Versuch LXVII: 4. Stunde) und variirt in den übrigen 37 Fällen zwischen 7.88 und 0.00 Procent.

Die mittlere Variation beträgt bei diesen Versuchen bezw. 3.05, 3.42, 4.46, 4.65, 4.97, 6.03, 6.13, 10.07, 12.90 Procent des mittleren Werthes und ist im Mittel für alle Versuche 6.19 Procent. Wir können daher sagen,

dass bei ruhig stillsitzenden Menschen die Kohlensäureabgabe in der Regel nur wenig umfangreiche Schwankungen von Stunde zu Stunde darbietet.

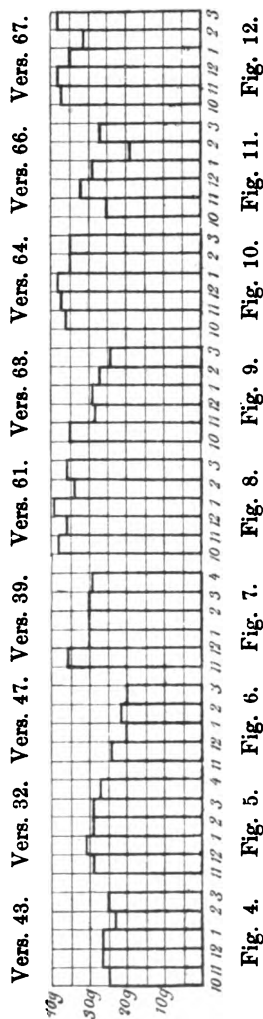
Dasselbe geht auch aus Figg. 4 bis 12, welche die Ergebnisse dieser Versuche graphisch darstellen, hervor.

Irgend welche deutlich hervortretende Gesetzmässigkeit in Bezug auf die Grösse der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden der einzelnen Versuche lässt sich nicht nachweisen. In einigen Versuchen (XLVII, XXXIX, LXIII) zeigt die Kohlensäureabgabe ihr Maximum während der ersten Stunde und fällt während der folgenden herab; in anderen Versuchen tritt das Maximum während der zweiten (Versuch XLIII, XXXII, LXVI, LXVII) oder der dritten Stunde auf (LXI, LXIV). Das Minimum der Kohlensäureabgabe erscheint während der letzten oder der vorletzten Stunde, und in dieser Hinsicht zeigen die Versuche eine grosse Regelmässigkeit.

Bei diesen Versuchen befanden sich, wie gesagt, die Versuchspersonen in einer sehr ruhigen Lage und bewegten sich ausserordentlich wenig. In Folge dessen ist ihre Kohlensäureabgabe natürlich geringer, als bei den im zweiten Abschnitt dargestellten Versuchen, bei welchen sich die Versuchspersonen allerdings auch ruhig verhielten, jedoch nicht so vollkommen ruhig wie hier. Da die Personen, welche zu diesen Versuchen dienten, alle etwa von demselben Alter waren, ist es erlaubt, aus diesen Versuchen das Mittel zu ziehen. Dieses Mittel stellt die Kohlensäureabgabe bei einem 20 bis 30jährigen Mann in wachem Zustande und bei vollständiger körperlicher Ruhe dar.

Bei den Versuchen LXI bis LXVII haben wir das Gewicht der Kleider nicht bestimmt. Durch zahlreiche Wägungen von Kleidern haben wir aber gefunden, dass die Kleider eines erwachsenen Mannes im Allgemeinen 5<sup>kg</sup> wiegen und dass die Differenzen nur wenig erheblich sind. Von dem Totalgewicht unserer Versuchspersonen in den betreffenden Versuchen haben wir daher, um das Reingewicht zu erhalten, 5<sup>kg</sup> abgezogen. Die Resultate sind dann folgende:

Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	Alter, Jahre	CO <sub>2</sub> im Mittel pro Stunde, Gramm	CO <sub>2</sub> pro Stunde und Kilogramm, Gramm
XLIII.	57.38	32	25.3	0.441
XXXII.	73.71	30	28.9	0.392
XLVII.	64.56	25	31.7	0.491
XXXIX.	64.33	23	31.0	0.482
LXI.	70.88	21	36.8	0.519
LXII.	66.52	24	28.6	0.430
LXIV.	67.86	24	36.3	0.535
LXVI.	57.84	25	26.2	0.453
LXVII.	77.60	32	35.7	0.460
Mittel	66.74	26	31.2	0.467



Als Mittelwerth pro Individuum und Stunde findet sich also 31.2<sup>g</sup> CO<sub>2</sub> und pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde 0.467<sup>g</sup> CO<sub>2</sub>.



Die im zweiten Abschnitt für männliche Individuen desselben Alters erhaltenen Werthe sind bezw. 38.4 und 0.569\* CO<sub>2</sub> (vgl. S. 73, 77).

Bei den meisten dieser Versuchspersonen führten wir auch Arbeitsversuche aus, welche wir im 4. Abschnitt dieser Abhandlung mittheilen werden. Diese Arbeitsversuche waren in der Weise angeordnet, dass von den 5 Stunden, welche der Versuch dauerte, die 1., 3. und 5. von der Versuchsperson in ruhender Lage zugebracht, während die 2. und 4. Stunde zur Arbeit verwendet wurden. Nun zeigt allerdings die Kohlensäureabgabe während der 3. und 5. Stunde Spuren von einer, im Allgemeinen sehr geringen Nachwirkung der vorhergegangenen körperlichen Arbeit. Jedoch war diese Nachwirkung, mit einer einzigen Ausnahme (Vers. L, 3. Stunde), so klein, dass die während der Ruhestunden auftretenden Variationen in diesen Versuchen nur wenig ausserhalb derjenigen Grenzen fallen, welche bei den eben angeführten reinen Ruheversuchen zum Vorschein kamen. Wir glauben daher, es wird nicht ohne Interesse sein, diese Ruhewerthe aus den Arbeitsversuchen hier zusammenzustellen, besonders da die Anzahl unserer Beobachtungen ziemlich gross ist.

Versuch	Kohlensäureabgabe pro Stunde, Gramm			Mittel
	I. Stunde	III. Stunde	V. Stunde	
XLIV. F. A. W.	29	21	30	26.9
XLV.	19	22	24	21.8
XXXIV. G. J.	36	34	33	34.2
XXXVII. "	33	32	35	33.3
XXXVIII. "	41	36	32	36.3
LIV. "	39	33	35	35.6
LV. "	35	34	33	34.0
LXVIII. "	36	33	—	34.3
LXIX. "	32	33	35	33.5
LXX. "	27	25	29	27.0
LXXI. "	32	29	23	28.0
LXXXIII. "	32	33	37	33.7
LXXIV. "	29	24	30	27.5
LXXVIII. "	34	29	26	29.8
XLVIII. L. B.	29	30	32	30.1
L. "	37	—	30	33.7
LVII. "	37	32	32	33.6
LVI. "	22	28	35	28.1
XL. E. F.	36	37	38	37.2
LVIII. E. T.	34	30	32	32.0
LIX. O. O. Ä.	—	33	30	31.6
LX. E.	38	30	40	35.9

Mittel 31.7

Die Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom entsprechenden Mittelwerth in Procenten desselben.

Versuch	I. Stunde	III. Stunde	V. Stunde	Mittel
XLIV.	8.70	21.24	12.46	14.13
XLV.	10.76	0.14	10.81	7.24
XXXIV.	4.35	1.23	3.16	2.91
XXXVII.	0.33	3.33	3.66	2.44
XXXVIII.	13.68	1.27	12.39	9.11
LIV.	9.00	6.74	2.33	6.02
LV.	4.12	1.47	2.65	2.75
LXVIII.	4.66	4.66	—	4.66
LXIX.	3.43	1.61	4.98	3.34
LXX.	0.99	6.77	5.80	4.52
LXXI.	14.13	3.04	17.14	11.44
LXXIII.	5.55	3.48	9.00	6.01
LXXIV.	3.64	14.14	10.54	9.44
LXXVIII.	14.96	1.35	13.54	9.95
XLVIII.	4.99	1.66	6.71	4.45
L.	9.92	—	9.92	9.92
LVII.	11.31	4.76	6.25	7.44
LVI.	20.28	2.14	22.78	15.07
XL.	2.10	0.11	1.96	1.39
LVIII.	6.06	5.53	0.44	4.01
LIX.	—	3.55	3.55	3.55
LX.	4.74	15.88	11.14	10.59

Mittel 6.84

Im Mittel aller Versuche mit 63 einzelnen Beobachtungen beträgt die Abweichung 6.84 Procent, also nur wenig mehr wie bei den reinen Ruheversuchen (6.19 Procent). Bei mehreren dieser Versuche sind die Variationen bemerkenswerth klein, so z. B. bei den Versuchen XXXIV, XXXVII, LV, XL, wo die mittlere Abweichung nicht 3 Procent beträgt.

Eine grosse Anzahl dieser Versuche sind an einer und derselben Versuchsperson, dem Laboratoriumsdiener G. J., ausgeführt. Da sie alle zu derselben Zeit des Tages und sämmtlich unter im grossen Ganzen denselben Bedingungen stattfanden, geben sie uns eine Einsicht darüber, wie die Kohlensäureabgabe von dem einen Tage zum anderen variiert. Wir stellen daher diese Versuche aus diesem Gesichtspunkte zusammen und bemerken nur, dass die Versuche in der Regel während der kälteren Jahreszeit angestellt wurden.

## Versuche an G. J.

Versuch	Datum	Körper- gewicht ohne Kleider, Kilogramm	CO, Mittel der Ruhestunden, Gramm	Temperatur in der Respirations- kammer
XXXII.	1894. 16. Januar	73.71	28.9	19.6
XXXIV.	18. "	73.92	34.2	20.6
XXXVII.	30. "	73.71	33.3	18.3
XXXVIII.	1. Februar	73.93	36.3	19.7
LIV.	21. September	73.13	35.6	19.1
LV.	25. "	72.55	34.0	17.0
LXVIII.	24. November	73.95	34.3	15.4
LXIX.	28. "	73.70	33.5	18.8
LXX.	1. Decèmber	—	27.0	17.4
LXXI.	3. "	73.25	28.0	18.2
LXXIII.	10. "	73.95	33.7	18.5
LXXIV.	13. "	74.20	27.5	19.6
LXXVIII.	1895. 5. Februar	75.10	29.8	19.3

Das Mittel dieser sämtlichen Bestimmungen ist 32.0  $\pm$ . Die grösste positive Abweichung vom Mittel beträgt 4.3  $\pm$  (Versuch XXXVIII), die grösste negative Abweichung 5.0  $\pm$  (Versuch LXX). Die mittlere Abweichung ist 2.9  $\pm$  = 9.06 Procent des Mittelwerthes.

Wenn wir bedenken, dass diese Bestimmungen mit Ausnahme der ersten (Versuch XXXII) Versuchen entstammen, bei welchen in den Zwischenstunden eine ziemlich beträchtliche mechanische Arbeit geleistet wurde, so können wir mit einer nicht geringen Wahrscheinlichkeit behaupten, dass bei einem und demselben Menschen die Kohlensäureabgabe unter denselben äusseren Verhältnissen verhältnissmässig nur geringe Variationen von Tag zu Tag darbietet, auch wenn die Beobachtungszeiten durch Monate von einander getrennt sind.

Unsere Ergebnisse hinsichtlich der Variationen der Kohlensäureabgabe bei einem ruhenden Menschen von der einen Stunde zur anderen stimmen mit denjenigen von Magnus-Levy an ruhenden und fastenden Menschen wesentlich überein. Die Versuchspersonen, an welchen Magnus-Levy seine Beobachtungen machte, hatten am Versuchstage keine Nahrung genossen; deswegen sind seine Versuche und die unsrigen unter einander nicht genau vergleichbar, da ja unsere Versuchspersonen einige Zeit vor dem Versuche ihr Frühstück genossen

dass die Variationen bei seinen Versuchen etwas, wenn auch nicht viel, kleiner sind als bei den unsrigen. So beträgt in dem von Magnus-Levy ausführlich mitgetheilten, von uns oben angeführten Versuch die Variation der Kohlensäureabgabe in 6, zwischen 10 Uhr 9 Min. Vormittags und 3 Uhr 49 Min. Nachmittags ausgeführten Bestimmungen in Procenten ihres Mittelwerthes bezw. 1·20, 4·51, 0·84, 2·18, 1·48. Zählt man aber noch die zwei Bestimmungen um 9 Uhr 3 Min. und 9 Uhr 35 Min. Vormittags, welche eine sehr bedeutende Differenz darbieten, mit, so sind die Variationen im betreffenden Versuch ganz von derselben Grösse wie in unseren Versuchen, indem die procentuelle Abweichung der einzelnen Bestimmungen vom Mittel für die Zeit zwischen 9 Uhr 3 Min. und 3 Uhr 49 Min. jetzt sind: 15·15 — 5·39 — 0·41 — 6·04 — 2·43 — 0·59 — 0·12 — 1·24 und im Mittel 3·92.<sup>1</sup> Die mittlere Variation beträgt in unseren reinen Ruheversuchen für alle Versuche 6·19 Procent des Mittelwerthes; in den Versuchen XXXII und LXIV ist die mittlere Variation aber nur bezw. 3·05 und 3·42, also geringer als bei Magnus-Levy (vgl. auch die Zusammenstellung S. 112).

### § 3. Die Kohlensäureabgabe für zweistündige Perioden während des ganzen Tages (24 Stunden).

Unseres Wissens liegen keine vollständig durchgeführten Untersuchungen über die Frage, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden eines ganzen Tages variirt, vor. Wir besitzen allerdings, wie wir in unserer geschichtlichen Einleitung bemerkt haben, einige hierher gehörige Beobachtungen; diejenigen Versuche aber, bei welchen die Kohlensäureabgabe thatsächlich Stunde nach Stunde bestimmt worden ist, erstrecken sich nicht über die gesammten 24 Stunden eines Tages, und unter diesen finden sich nur 2 (von Smith), in welchen die Ansammlung der Kohlensäure die ganze Versuchszeit hindurch ununterbrochen stattgefunden hat, während in den übrigen Versuchen dieser Art Proben jede Stunde nur während 35 bis 5 Minuten genommen worden sind.

Unsere eigenen Versuche in dieser Richtung bezweckten festzustellen, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages variirt, wenn die Versuchsperson ruhend — jedoch nicht den ganzen Tag hindurch bettlägerig ist. Vielmehr sollte die Versuchsperson sich so verhalten, wie sich ein Mensch in der Regel verhält,

<sup>1</sup> Magnus-Levy, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LV, S. 35. 1893.

wenn er keine körperliche Arbeit auszuführen hat. Die Versuchspersonen hatten also die Erlaubniss, sich nach Belieben zu bewegen, jedoch wurde es ihnen untersagt, eigentliche körperliche Uebungen zu machen. In der Regel sassen sie ziemlich still, grösstentheils in einem Ruhesessel und beschäftigten sich mit Lesen und Schreiben.

Des Abends kleideten sie sich aus, gingen zu Bett und schienen im Allgemeinen gut geschlafen zu haben, mit Ausnahme der Versuchsperson J. E. J. (Versuch XVII), welche nur von 3 Uhr 35 Min. Vormittags bis 9 Uhr Vormittags schlief und auch während dieser Zeit zweimal erwachte, um Puls und Athmung zu registriren.

Alle diese Versuche fingen Nachmittags oder Abends an, nachdem die Versuchsperson wenige Stunden vorher ihr Mittagessen genossen hatte, und dauerten genau 24 Stunden.

Bei 4 dieser Versuche (XXXI, XLIX, XVII, XLII) fasteten die Versuchspersonen während der ganzen Versuchsdauer vollständig. Diese Versuche können daher dazu dienen, die Frage aufzuklären, wie sich die Kohlensäureabgabe während der 24 nach einer reichlichen Mahlzeit folgenden Stunden verhält, denn in der Regel bereiteten sich die Versuchspersonen zum Fasten durch eine ordentliche Mahlzeit vor.

Bei einem Versuch (XLI) genoss die Versuchsperson während des Versuches nur Frühstück.

Bei den 6 übrigen Versuchen (XXIX, XXX, XLV, LXXVII, LXXVI, LI) lebten die Versuchspersonen auch hinsichtlich ihrer Kost wie gewöhnlich.

Die Kohlensäureabgabe wurde, durch Doppelanalysen, jede zweite Stunde bestimmt. Ferner wurde die 24stündige Harnmenge gesammelt; in den Versuchen XLI, XXXI, LXXVII, XLIX, XVII und XLV wurde sie in einzelnen Portionen aufgenommen. Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl bestimmt. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen werden wir in § 5 dieses Abschnittes mittheilen.

Die Versuche sind an folgenden Personen ausgeführt.

Versuch	XXIX.	Karl T., Schüler, geb. 17. October 1882.
"	XXX.	Lennart K., Schüler, geb. 6. Januar 1882.
"	XLI.	Theodor L., Techniker, geb. 13. August 1875.
"	LXXVII.	Ernst J. T., Stud. med., geb. 25. Juli 1873.
"	XXXI.	August M., Ingenieur, geb. 9. November 1873.
"	XLIX.	Thor S., Cand. der Medicin, geb. 5. Juli 1864.
"	XVII.	J. E. J., Privatdocent, geb. 22. März 1862.
"	XLII.	Johan W., Professor, geb. 26. August 1850.
"	LXXVI.	Å., Arbeiter, geb. 31. Mai 1826.
"	XLV.	H. R., Gymnasiallehrer a. D., geb. 4. Aug. 1815.
"	LI.	J. L., Wittwe, geb. 31. October 1809.

Karl T., Schüler, geb. 17. October 1882. Körpergewicht (ohne Kleider) vor dem Versuch 32.0<sup>kg</sup>, nach dem Versuch 32.1<sup>kg</sup>. Hatte sein Mittagessen um 4 Uhr Nachm. genossen. Abendbrod um 8 Uhr 15 Min. Nachm., Milch um 10 Uhr 30 Min. Nachm., Frühstück um 8 Uhr 30 Min. Vorm., zweites Frühstück 12 Uhr Mittags, Mittag um 3 Uhr 30 Min. Nachm. Während des Versuches genoss die Versuchsperson in toto: weiches Weizenbrod 489 g, Zwieback 6 g, Butter 59 g, Fettkäse 128 g, Braten (kalt) 49 g, Milch 400<sup>cem</sup>, Beefsteak 70 g, Aepfel 323 g, Kuchen 100 g, Wasser 341 g. Ging zu Bett um 10 Uhr 30 Min. Nachm., stand auf um 8 Uhr 30 Min. Vorm. A. = 100.5.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen cm <sup>3</sup>	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	
6 <sup>h</sup> Nachm.		290.0	290.4	290.9	5.9	6.1	0.608 I.				744
	9.75						0.592 II.	0.595		16.5	60
8 <sup>h</sup> „		290.0	290.5	291.0	6.2	6.6	0.892 I.	0.884			744
	9.47						0.892 II.		14.6	53	
10 <sup>h</sup> „		290.1	290.4	291.1	6.4	6.8	1.124 I.	1.112			744
	9.28						1.120 II.		14.8	54	
12 <sup>h</sup> Nachts		290.2	290.3	291.0	6.4	7.0	1.332 I.	1.330			744
	9.24						1.352 II.		11.7	43	
2 <sup>h</sup> Vorm.		290.3	290.0	290.9	6.4	7.1	1.480 I.	1.466			744
	9.15						1.480 II.		11.3	41	
4 <sup>h</sup> „		290.4	289.8	290.9	6.6	7.2	1.600 I.	1.582			742
	9.12						1.596 II.		11.3	41	
6 <sup>h</sup> „		290.4	289.5	290.4	6.6	7.3	1.712 I.	1.689			743
	9.18						1.700 II.		10.0	37	
8 <sup>h</sup> „		290.5	289.2	290.0	—	7.4	1.780 I.	1.760			743
	9.27						1.776 II.		14.6	54	
10 <sup>h</sup> „		290.6	289.8	290.1	6.0	7.5	1.924 I.	1.915			742
	9.33						1.924 b.		16.3	60	
12 <sup>h</sup> Mittags		290.6	289.8	290.3	5.5	7.5	2.100 I.	2.087			742
	9.47						2.112 II.		16.4	60	
2 <sup>h</sup> Nachm.		290.6	290.3	290.4	5.3	7.6	2.272 I.	2.245			741
	9.37						2.264 II.		16.5	61	
4 <sup>h</sup> „		290.6	290.4	290.8	5.3	7.9	2.416 I.	2.394			741
	9.41						2.420 a.				
							2.424 b.		17.9	66	
6 <sup>h</sup> „		290.6	290.6	290.7	5.4	8.3	2.568 I.	2.558			
							2.596 b.				

## Versuch XXX. 2. bis 3. Januar 1894.

Lennart K., Schüler, geb. 6. Januar 1882. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 38.35 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 38.25 <sup>kg</sup>. Hatte sein Mittagessen um 4 Uhr Nachm. genossen. Während des Versuches ass die Versuchsperson dann und wann, ohne bestimmte Zeiten zu beobachten. Die Kost bestand aus belegten Brödchen, nämlich mit Käse 320 <sup>g</sup>, mit Braten 284 <sup>g</sup>, mit Schinken 30 <sup>g</sup>, dazu noch Weissbrod 41 <sup>g</sup>, Aepfel 137 <sup>g</sup>, Wasser 413 <sup>g</sup>. Ging zu Bett um 10 Uhr Nachm. stand auf um 6 Uhr 50 Min. Vorm. A = 100.6.

Zeit	Durch die Gasöhren ge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasöhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
6 <sup>h</sup> Nachm.		287.1	291.2	291.6		5.0	0.984 I. 1.000 II.	0.986			775
	20.49								28.4	104	
10 <sup>h</sup> 1 "		287.3	291.3	290.5	3.7	5.6	1.364 I. 1.364 II.	1.354			775
	10.25								13.2	48	
12 <sup>h</sup> Nachts		287.3	292.4	292.4	3.7	6.1	1.512 I. 1.504 II.	1.496			775
	10.27								11.1	41	
2 <sup>h</sup> Vorm.		287.4	292.2	292.6	3.6	6.5	1.600 I. 1.600 II.	1.587			775
	9.95								11.0	40	
4 <sup>h</sup> "		287.5	289.7	291.0	3.2	6.5	1.684 I. 1.680 II.	1.668			775
	11.06								11.4	42	
6 <sup>h</sup> "		287.5	288.3	289.6	3.3	6.4	1.748 I. 1.748 II.	1.734			775
	10.58								14.3	52	
8 <sup>h</sup> "		287.6	291.3	291.4	3.5	7.2?	1.856 I. 1.880 a. 1.876 b.	1.854			775
	10.84								17.0	62	
10 <sup>h</sup> "		287.6	292.2	292.4	3.8	6.9	2.040 I. 2.020 II.	2.012			775
	10.65								16.8	62	
12 <sup>h</sup> Mittags		287.8	294.1	294.4	3.3	7.3	2.172 I. 2.176 II.	2.154			775
	10.73								16.5	60	
2 <sup>h</sup> Nachm.		287.9	291.2	292.7	3.1	7.2	2.296 I. 2.288 II.	2.271			775
	11.06								16.9	62	
4 <sup>h</sup> "		287.9	289.6	291.2	2.9	6.9	2.396 I. 2.400 II.	2.377			775
	10.92								18.4	67	
6 <sup>h</sup> "		288.1	288.6	290.2	2.7	6.7	2.524 I. 2.524 II.	2.502			775

<sup>1</sup> Die Bestimmung der Kohlensäure um 8 Uhr Nachm. ist nicht gelungen.

Versuch XLI. 5. bis 6. Februar 1894.

Theodor L., Techniker, geb. 13. August 1875. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 57.0 kg. Hatte sein Mittagessen um 3 Uhr Nachm. genossen. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nur Frühstück (um 12 Uhr Mittags), bestehend aus Pfannkuchen 145 g, Eiern 100 g (2 Stück), belegten Bröckchen mit Fleisch 150 g, Bier 315 g. Ging zu Bett um 9 Uhr 20 Min. Nachm., löschte die Lampe um 10 Uhr 5 Min. Nachm. aus, erwachte um 10 Uhr Vorm. und stand auf um 11 Uhr Vorm. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasbrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
5 <sup>h</sup> Nachm.		290.3	290.8	290.8	6.9	6.0	0.480 0.488	0.480			753
	11.20								21.2	78	
7 <sup>h</sup> „		290.2	290.1	291.1	6.2	6.5	0.876 0.864	0.863			755
	11.31								18.9	69	
9 <sup>h</sup> „		290.2	289.8	291.0	6.0	6.7	1.180 1.160	1.160			755
	11.17								20.1	74	
11 <sup>h</sup> „		290.2	289.1	290.8	5.7	6.8	1.472 1.448	1.447			757
	11.14								11.5	42	
1 <sup>h</sup> Vorm.		290.3	289.1	290.6	6.8	6.9	1.560 1.552	1.542			757
	11.07								12.2	45	
3 <sup>h</sup> „		290.4	288.8	290.3	5.5	6.8	1.664 1.652	1.643			757
	11.09								10.8	39	
5 <sup>h</sup> „		290.4	288.6	290.2	5.4	6.8	1.720 1.720	1.705			757
	11.13								12.0	44	
7 <sup>h</sup> „		290.5	288.8	290.1	5.4	6.8	1.800 1.796	1.782			757
	11.40								13.4	49	
9 <sup>h</sup> „		290.5	290.0	290.2	6.4	6.8	1.890 1.892	1.874			760
	11.21								15.4	56	
11 <sup>h</sup> „		290.5	290.5	290.8	6.1	7.0	2.024 2.008	1.997			759
	11.32								18.3	67	
1 <sup>h</sup> Nachm.		290.5	290.2	291.0	6.0	7.2	2.180 2.184	2.161			756
	11.28								17.7	65	
3 <sup>h</sup> „		290.5	290.4	290.8	6.4	7.3	2.320 2.320	2.298			756
	11.20								15.7	58	
5 <sup>h</sup> „		290.5	291.1	291.0	7.0	7.4	2.412 2.404	2.384			755



## Versuch XXXI. 13. bis 14. Januar 1894.

August M., Ingenieur, geb. 9. November 1873. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 72.4 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 70.05 <sup>kg</sup>. Letzte Mahlzeit kurz vor dem Beginn des Versuches. Fastete die ganze Dauer des Versuches und verzehrte nur 333 <sup>g</sup> Wasser. Ging zu Bett um 12 Uhr 15 Min. Vorm., schlief bis 8 Uhr 30 Min. Vorm., stand auf um 12 Uhr Mittags. A = 100.5. — Während des Versuches zerbrach das Dynamo um 1/2 1 Uhr Vorm., in Folge dessen die Ventilation zwischen 1 Uhr 30 Min. und 1 Uhr 45 Min. Vorm. stillstand. Dabei wurde die Eingangsöffnung einen Augenblick geöffnet, weil man beabsichtigte, den Versuch zu unterbrechen. Die Bestimmung für die Zeit 12 Uhr 15 Min. bis 1 Uhr 15 Min. Vorm. ist daher nicht ganz sicher.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
8 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290.3	291.5	293.5	4.7	—	0.504 I. 0.504 II.	0.500			767
	12.01						0.920 I. 0.940 a.	0.920	23.9	88	
10 <sup>h</sup> 15' "		290.2	290.3	292.6	4.3	5.8	0.920 b.				766
	12.08								25.9	95	
12 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290.3	293.3	294.9	4.8	6.4	1.340 I. 1.344 II.	1.331			764
	4.80								7.8	28	
1 <sup>h</sup> 15' "		290.3	292.7	294.6	5.0	6.7	1.448 I. 1.444 II.	1.433			764
	5.52								8.6	31	
2 <sup>h</sup> 15' "		290.3	292.1	294.0	5.1	6.9	1.548 I. 1.552 II.	1.536			764
	10.78								14.4	53	
4 <sup>h</sup> 15' "		290.4	291.1	292.9	5.1	7.3	1.688 I. 1.700 II.	1.678			764
	10.68								13.4	49	
6 <sup>h</sup> 15' "		290.4	290.4	292.1	5.2	7.2	1.800 I. 1.812 II.	1.789			764
	10.89								14.5	53	
8 <sup>h</sup> 15' "		290.5	289.8	292.0	4.9	7.2	1.920 I. 1.932 II.	1.908			764
	11.44								15.4	56	
10 <sup>h</sup> 15' "		290.6	289.6	291.7	5.3	7.1	2.040 I. 2.040 II.	2.021			764
	11.58								17.4	64	
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290.7	290.1	291.7	5.7	7.5	2.176 I. 2.180 II.	2.157			764
	11.51								21.3	78	
2 <sup>h</sup> 15' "		290.7	289.8	291.7	5.7	7.6	2.400 I. 2.360 a. 2.368 b.	2.353			762
	11.45								18.8	69	
4 <sup>h</sup> 15' "		290.8	289.9	291.6	5.6	7.6	2.508 I. 2.496 II.	2.483			762
	11.32								18.4	68	
6 <sup>h</sup> 15' "		290.9	289.9	291.6	5.4	7.8	2.632 I. 2.612 II.	2.595			764
	11.35								19.7	72	
8 <sup>h</sup> 15' "		290.9	290.1	291.6	5.9	7.9	2.752 I. 2.740 II.	2.718			764

## Versuch LXXVII. 23. bis 24. Januar 1895.

Ernst T., Studirender, geb. 25. Juli 1873. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 72.77 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 72.63 <sup>kg</sup>. Abendbrod um 9 Uhr Nachm. (belegte Brödchen 290 <sup>g</sup>, Bier), Frühstück um 11 Uhr Vorm. (Bier 337 <sup>g</sup>, Brod 382 <sup>g</sup>, Butter 28 <sup>g</sup>, Anjovis 47 <sup>g</sup>, Pökelfleisch 43 <sup>g</sup>, Eier 113 <sup>g</sup>); Mittag um 4 Uhr Nachm. (Suppe 233 <sup>g</sup>, Fleisch 125 <sup>g</sup>, Kartoffeln 121 <sup>g</sup>, Bier 345 <sup>g</sup>). Ausserdem 200 <sup>g</sup> Wasser. Schief zwischen 12 und 1 Uhr Vorm. ein, stand  $\frac{1}{2}$  10 Uhr Vorm. auf. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeit druck in der Respirationskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	
6 <sup>h</sup> Nachm.		289.9	292.4	4.7	0.516	0.509			736
	15.33				0.508		20.8	76	
8 <sup>h</sup> „		289.9	292.3	5.4	0.888	0.878			737
	15.83				0.880		23.1	85	
10 <sup>h</sup> „		290.0	291.7	5.7	1.248	1.236			737
	15.81				1.248		17.2	63	
12 <sup>h</sup> „		290.0	291.0	5.8	1.440	1.429			739
	14.81				1.440		16.4	60	
2 <sup>h</sup> Vorm.		290.0	290.4	5.7	1.600	1.588			739
	15.03				1.600		14.7	54	
4 <sup>h</sup> „		290.0	289.5	5.6	1.708	1.691			739
	16.03				1.700		13.6	50	
6 <sup>h</sup> „		290.0	289.1	5.5	1.760	1.747			739
	15.84				1.760		11.8	43	
8 <sup>h</sup> „		290.0	288.8	5.1	1.796	1.763			739
	15.79				1.768		18.2	67	
10 <sup>h</sup> „		289.9	289.6	5.5	1.912	1.898			739
	14.89				1.912		20.2	74	
12 <sup>h</sup> Mittags		290.0	290.9	5.8	2.082	2.065			739
	15.27				2.080		16.7	61	
2 <sup>h</sup> Nachm.		290.0	290.5	5.7	2.152	2.136			739
	14.33				2.154		18.8	69	
4 <sup>h</sup> „		290.1	289.9	5.8	2.272	2.254			739
	15.15				2.272		25.3	93	
6 <sup>h</sup> „		290.1	290.1	6.1	2.484	2.462			740
					2.480				

## Versuch XLIX. 21. bis 22. Februar 1894.

Thor S., Candidat der Medicin, geb. 5. Juli 1864. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 67·34 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 67·26 <sup>kg</sup>. Etwa 1 Stunde vor dem Versuch hatte die Versuchsperson ihr Mittagessen genossen. Während des Versuches verzehrte sie nur 590 <sup>g</sup> Wasser. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>	
5 <sup>h</sup> Nachm.		289·7	293·7	293·0	7·0	5·2	0·476 0·472	0·471			763
	6·38								15·4	56	
7 <sup>h</sup> „		289·7	293·1	293·1	6·7	6·2	0·768 0·760	0·758			763
	6·45								19·8	73	
9 <sup>h</sup> „		289·8	292·5	292·9	6·5	6·5	1·120 1·124	1·112			763
	6·56								16·5	61	
11 <sup>h</sup> „		289·8	292·1	292·6	6·5	6·6	1·896 1·388	1·380			761
	6·54								15·3	56	
1 <sup>h</sup> Vorm.		289·9	291·5	292·1	6·6	6·8	1·620 1·624	1·608			761
	6·57								11·8	43	
3 <sup>h</sup> „		290·0	291·2	291·8	6·7	7·1	1·764 1·776	1·754			760
	6·58								10·5	39	
5 <sup>h</sup> „		290·0	291·0	291·5	6·7	7·1	1·884 1·884	1·866			758
	6·57								12·1	44	
7 <sup>h</sup> „		290·1	290·9	291·4	6·6	7·2	2·012 2·020	1·997			758
	6·54								13·2	48	
9 <sup>h</sup> „		290·2	291·0	291·4	6·8	7·4	2·168 2·164	2·145			758
	6·65								17·8	65	
11 <sup>h</sup> „		290·2	291·9	291·9	7·2	7·7	2·392 2·396	2·370			759
	6·58								15·4	57	
1 <sup>h</sup> Nachm.		299·3	291·9	292·0	7·2	7·9	2·568 2·560	2·537			760
	6·57								18·0	47	
3 <sup>h</sup> „		290·5	291·9	292·0	6·4	7·9	2·676 2·672	2·646			760
	6·58								15·9	58	
5 <sup>h</sup> „		290·5	291·7	292·1	6·9	7·9	2·836 2·832	2·805			761

Anmerkung. Betreffend die Art und Weise, in welcher der Versuchstag zugebracht wurde, hat Thor S. folgende Aufzeichnungen gemacht:

5<sup>h</sup> 6' bis 7<sup>h</sup> 6' Nachm. Siesta. Schlaf während etwa 30 Min.

7<sup>h</sup> 6' „ 9<sup>h</sup> 6' „ Lesen, nicht angestrengt. Halbliegend. Ruhend.

9 <sup>h</sup> 6'	bis 11 <sup>h</sup> 6'	Nachm.	Lesen, nicht angestrengt. Sitzend. Ruhend.
11 <sup>h</sup> 6'	„ 11 <sup>h</sup> 30'	„	Schreiben. Ausziehen.
11 <sup>h</sup> 30'	„ 12 <sup>h</sup> 45'	Vorm.	Machte in liegender Stellung Aufzeichnungen und studirte.
1 <sup>h</sup>	„ 9 <sup>h</sup> 2'	„	Schlief, mit Ausnahme von 2 <sup>h</sup> 10' bis 2 <sup>h</sup> 20', 5 <sup>h</sup> 20' bis 5 <sup>h</sup> 30', 7 <sup>h</sup> 50' bis 8 <sup>h</sup> 15'.
9 <sup>h</sup> 6'	„ 9 <sup>h</sup> 45'	„	Studirte in liegender Stellung.
9 <sup>h</sup> 45'	„ 10 <sup>h</sup> 10'	„	Ankleiden, Telephonirung, Schreiben.
10 <sup>h</sup> 15'	„ 11 <sup>h</sup> 6'	„	Lesen, nicht angestrengt. Nicht ganz still.
11 <sup>h</sup> 6'	„ 1 <sup>h</sup> 6'	Nachm.	Schreiben. Fast ganz still.
1 <sup>h</sup> 6'	„ 3 <sup>h</sup> 6'	„	Lesen, nicht angestrengt. Still. Puls 54, klein, etwas unregelmässig; Cyanose an den Nägeln, kalte Hände, gelinde Kopfschmerzen mit Empfindung von Hitze und Schwere im Kopfe; noch kein ausgeprägtes Hunger- oder Ermüdungsgefühl.
2 <sup>h</sup>		„	Schwacher Kältefrosts.
3 <sup>h</sup> 10'	„ 3 <sup>h</sup> 17'	„	Wechsel der Kleider.
4 <sup>h</sup>		„	Gähnen. Mattigkeit in den Knien. Kältefrosts. Puls 56, klein, unregelmässig. Die Cyanose an den Nägeln etwas geringer.
3 <sup>h</sup> 17'	„ 5 <sup>h</sup> 6'	„	Lesen, nicht angestrengt. Sitzend, nicht ganz still.

Versuch XVII. 17. bis 18. November 1893.

J. E. J., Privatdocent, geb. 22. März 1862. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 70.34 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 69.69 <sup>kg</sup>. Hatte um 5 Uhr Nachm. sein Mittagessen genossen. Während des Versuches genoss J. nur 870 <sup>g</sup> Wasser.

A = 100.5.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
	cbm	in den Gasuhren	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	
7 <sup>h</sup> Nachm.		290.0	284.6	289.6	5.4	6.2	0.688	0.682			754
	32.33						0.688		23.6	87	
9 <sup>h</sup> „		290.0	285.2	289.9	5.0	6.7	0.992	0.983			754
	32.87								28.9	106	
11 <sup>h</sup> „		290.0	285.3	290.0	5.4	6.9	1.300	1.288			752
	33.69								18.3	67	
1 <sup>h</sup> Vorm.		290.0	283.9	290.0	5.5	7.0	1.332	1.820			752
	35.22								16.7	61	

## Versuch XVII. (Fortsetzung).

Zeit	Durch die Gasbrenn- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasbren-	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>
	cm									
3 <sup>h</sup> Vorm.		290.0	283.7	290.0	5.5	7.0	1.316	1.304		751
	33.99								14.1	52
5 <sup>h</sup> "		290.0	283.1	289.4	5.5	6.9	1.264 a. 1.280 b.	1.260		750
	35.01								12.2	45
7 <sup>h</sup> "		290.0	283.3	289.2	5.9	6.7	1.200 a. 1.200 b.	1.189		749
	35.37								15.1	56
9 <sup>h</sup> "		290.0	283.1	289.2	5.9	6.9	1.200 a. 1.196 b.	1.187		748
	35.39								17.9	66
11 <sup>h</sup> "		290.0	283.1	289.2	5.9	6.8	1.248 I. 1.244 a. 1.240 b.	1.232		746
	34.83								17.8	65
1 <sup>h</sup> Nachm.		290.0	283.3	289.2	5.8	6.9	1.280 I. 1.280 II.	1.268		744
	35.16								18.9	69
3 <sup>h</sup> "		290.1	283.2	289.4	5.7	7.0	1.320 I. 1.320 II.	1.308		743
	34.81								17.9	66
5 <sup>h</sup> "		290.1	283.2	289.4	6.1	7.2	1.332 I. 1.336 II.	1.321		742
	34.52								15.1	55
7 <sup>h</sup> "		290.1	283.4	289.7	6.2	7.1	1.300 I. 1.316 a. 1.284 b.	1.288		742

Anmerkung. Während dieses Versuches wurde auch die Pulsfrequenz, die Athmungsfrequenz und das Athemvolumen beobachtet. Betreffs seiner Beschäftigungen hat J. uns Folgendes mitgeteilt:

7<sup>h</sup> bis 8<sup>h</sup> Nachm. Die ganze Zeit damit beschäftigt, die Apparate in Ordnung zu stellen.

8<sup>h</sup> „ 9<sup>h</sup> „ Ruhend. Lesen der Zeitungen.

9<sup>h</sup> „ 10<sup>h</sup> „ Registrirung des Athemvolumens und der Athmungs-  
frequenz. Zählen der Pulsfrequenz und in Ord-  
nungstellen des Psychrometers in dem Canal für  
die einströmende Luft, was sehr beschwerlich war,  
weil das Psychrometer nicht leicht zugänglich war.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dieser Versuch war der erste, der 24 Stunden dauerte. In den folgenden wurde der Fehler hinsichtlich der Anordnung des Psychrometers vermieden.

10 <sup>h</sup>	bis 11 <sup>h</sup>	Nachm.	Ruhend.	Lesen eines Romans.
11 <sup>h</sup>	„ 11 <sup>h</sup> 30'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer
11 <sup>h</sup> 30'	„ 1 <sup>h</sup>	Vorm.	Ruhend.	Lesen eines Romans.
1 <sup>h</sup>	„ 1 <sup>h</sup> 15'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer.
1 <sup>h</sup> 15'	„ 3 <sup>h</sup>	„	Ruhend.	
3 <sup>h</sup>	„ 3 <sup>h</sup> 35'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer.
3 <sup>h</sup> 35'	„ 5 <sup>h</sup> 45'	„	Schlaf.	
5 <sup>h</sup> 45'	„ 6 <sup>h</sup>	„	Puls —	Athmung.
6 <sup>h</sup>	„ 7 <sup>h</sup> 30'	„	Schlaf.	
7 <sup>h</sup> 30'	„ 7 <sup>h</sup> 40'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer.
7 <sup>h</sup> 40'	„ 9 <sup>h</sup>	„	Schlaf.	
9 <sup>h</sup>	„ 9 <sup>h</sup> 30'	„	Puls —	Athmung.
9 <sup>h</sup> 30'	„ 11 <sup>h</sup>	„	Ruhend.	
11 <sup>h</sup>	„ 11 <sup>h</sup> 30'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer.
11 <sup>h</sup> 30'	„ 1 <sup>h</sup>	Nachm.	Ruhend.	
1 <sup>h</sup>	„ 1 <sup>h</sup> 30'	„	Puls —	Athmung.
1 <sup>h</sup> 30'	„ 3 <sup>h</sup>	„	Ruhend.	
3 <sup>h</sup>	„ 3 <sup>h</sup> 30'	„	Puls —	Athmung — Psychrometer.

## Versuch XLII. 10. Februar 1894.

Johan W., Professor, geb. 26. August 1850. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 84.50 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 82.52 <sup>kg</sup>. Hatte um 5 Uhr sein Mittagessen genossen. Trank während des Versuches nur sehr wenig Wasser. Löschte das Licht um 12 Uhr 30 Min. Vorm. aus. Schief von 1 Uhr Vorm. bis 7 Uhr Vorm. und stand auf um 7 Uhr 15 Min. Im wachen Zustande befand sich J. W. meistens halbliegend mit Lesen beschäftigt. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasbrenn- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer	
		in den Gasbrenn- in	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	der einströmen- den Luft	in der Respi- rationskammer	beobachtet	correctirt	C		CO <sub>2</sub>
7 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290.7	293.9	293.7	7.1	6.0	0.628 0.624	0.621		722	
	4.61								22.582		
9 <sup>h</sup> 15' „		290.7	293.6	293.8	6.9	6.9	1.080 1.080	1.070		721	
	5.45								19.571		
11 <sup>h</sup> 15' „		290.8	293.1	293.5	6.7	7.1	1.444	1.430		721	
	5.58								16.661		

## Versuch XLII. (Fortsetzung).

Zeit	Durch die Gasbrenn- ge- messenes Luftvolumen cubm	Absolute Temperatur			Feuchtig- keitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasbren-	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	der einströmen- den Luft	in der Respira- tionskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub> Barometer
1 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290.8	292.5	293.0	6.4	7.1	1.724 1.728	1.709		722
	5.61								13.349	
3 <sup>h</sup> 15' "		290.9	292.1	292.4	5.6	7.3	1.924 1.920	1.904		722
	5.66								11.542	
5 <sup>h</sup> 15' "		290.9	291.7	292.1	5.7	7.3	2.072 2.068	2.051		724
	5.64								15.256	
7 <sup>h</sup> 15' "		290.9	291.7	292.1	6.2	7.0	2.296 2.280	2.266		724
	5.68								22.583	
9 <sup>h</sup> 15' "		291.0	292.5	292.4	7.1	7.8	2.648 2.640	2.616		726
	5.68								18.668	
11 <sup>h</sup> 15' "		291.0	292.4	292.8	7.0	7.9	2.892 2.908	2.868		726
	5.70								20.174	
1 <sup>h</sup> 15' Nachm.		291.1	292.1	292.7	6.7	7.9	3.172 3.176	3.139		726
	5.64								16.460	
3 <sup>h</sup> 15' "		291.2	291.9	292.4	7.0	7.8	3.336 3.360 3.360	3.316		726
	5.69								18.066	
5 <sup>h</sup> 15' "		291.2	291.5	291.9	6.4	7.9	3.552 3.548	3.512		730
	5.68								15.657	
7 <sup>h</sup> 15' "		291.2	291.3	291.8	5.9	7.8	3.692 3.688	3.651		732

Å., Arbeiter, geb. 31. Mai 1826. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 66.82 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 66.37 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss Å. Abendbrod (belegte Brödcchen 155 <sup>g</sup>, Milch 560 <sup>g</sup>), Frühstück um 10 Uhr Vorm. (belegte Brödcchen mit Braten und Käse 190 <sup>g</sup>, Milch 535 <sup>g</sup>, Kaffee 145 <sup>g</sup>), Mittagsessen um 4 Uhr Nachm. (Suppe 275 <sup>g</sup>, Brod 5 <sup>g</sup>, Fleisch und Kartoffeln 391 <sup>g</sup>) sowie 340 <sup>g</sup> Wasser. Ging zu Bett zwischen 8 bis 9 Uhr Nachm., stand auf zwischen 9 bis 10 Uhr Vorm. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
	cbm	in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	O	CO <sub>2</sub>	
				mm					
6 <sup>h</sup> Nachm.		290.3	292.7	6.1	0.524 0.520	0.518			746
	12.79						17.9	66	
8 <sup>h</sup> „		290.3	292.3	6.3	0.840 0.844	0.835			746
	12.61						14.8	54	
10 <sup>h</sup> „		290.4	291.6	6.1	1.060 1.072	1.057			746
	13.28						11.7	43	
12 <sup>h</sup> Nachts		290.5	291.2	6.3	1.200 1.196	1.188			746
	13.00						10.0	37	
2 <sup>h</sup> Vorm.		290.5	290.8	6.5	1.288 1.280	1.273			746
	12.93						10.2	37	
4 <sup>h</sup> „		290.5	290.4	6.7	1.364 1.364	1.352			746
	12.91						10.5	39	
6 <sup>h</sup> „		290.5	290.1	6.7	1.440 1.440	1.427			746
	12.97						18.5	68	
8 <sup>h</sup> „		290.6	289.8	6.7	1.564 1.564	1.550			746
	13.04						11.4	42	
10 <sup>h</sup> „		290.6	289.9	6.7	1.628 1.632	1.616			746
	12.96						17.6	64	
12 <sup>h</sup> Mittags		290.6	290.4	6.9	1.804 1.804	1.788			746
	12.93						15.2	57	
2 <sup>h</sup> Nachm.		290.6	290.4	7.1	1.928 1.920	1.906			746
	12.56						18.5	68	
4 <sup>h</sup> „		290.6	290.3	6.9	2.092 2.088	2.071			746
	12.10						16.6	61	
6 <sup>h</sup> „		290.6	290.3	6.9	2.208 2.212	2.190			746



## Versuch XLV. 14. bis 15. Februar 1894.

H. R., Gymnasiallehrer a. D., geb. 4. August 1815. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 58.83 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 59.16 <sup>kg</sup>. Die letzte Mahlzeit vor dem Versuch um 4 Uhr 30 Min. Nachm. Abendbrod um 9 Uhr Nachm., Frühstück um 10 Uhr Vorm., Mittag um 3 Uhr 15 Min. Nachm. Abendbrod und Frühstück enthielten zusammen 190 \* belegte Brödchen, 110 \* Eier und 320 \* Bier. Das Mittagessen bestand aus 160 \* Fleisch, 140 \* belegte Brödchen und 320 \* Bier. Ging zu Bett zwischen 10 und 11 Uhr Nachm., stand auf um 8 Uhr 30 Min. Vorm. Gab an, nicht besonders gut geschlafen zu haben. Um 1 Uhr Nachm. lag R. eine Weile im Bett und schlief wohl etwas. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm	
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	der einströmenden Luft	in der Respirationkammer	beobachtet	correct	C	CO <sub>2</sub>
	cbm									Barometer
7 <sup>h</sup> 15' Nachm.		289.9	291.6	291.8	6.2	5.7	0.850 0.864	0.854		749
	8.78								13.8	51
9 <sup>h</sup> 15' "		289.9	290.7	291.6	4.6	5.8	1.088 1.080	1.076		749
	8.70								20.2	74
11 <sup>h</sup> 15' "		290.0	289.9	290.7	5.6	6.2	1.416 1.412	1.402		751
	8.34								10.6	39
1 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290.0	289.4	290.1	5.4	6.8	1.532 1.532	1.519		751
	8.38								10.8	40
3 <sup>h</sup> 15' "		290.1	289.1	289.8	5.2	6.1	1.644 1.644	1.631		753
	8.31								11.2	41
5 <sup>h</sup> 15' "		290.1	288.5	289.3	4.9	6.0	1.760 1.752	1.742		755
	8.39								9.4	35
7 <sup>h</sup> 15' "		290.2	288.5	289.3	4.5	6.0	1.828 1.820	1.809		755
	8.65								16.7	61
9 <sup>h</sup> 15' "		290.2	288.9	289.3	4.7	6.8	2.020 2.024	2.005		754
	8.50								16.6	61
11 <sup>h</sup> 15' "		290.2	289.1	289.6	5.0	6.4	2.200 2.208	2.185		758
	8.47								13.1	48
1 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290.2	289.2	289.6	5.0	6.6	2.304 2.304	2.284		759
	8.29								11.3	42
3 <sup>h</sup> 15' "		290.3	289.3	289.7	4.8	6.5	2.360 2.360	2.340		760
	8.49								19.0	70
5 <sup>h</sup> 15' "		290.4	289.1	289.7	4.6	6.6	2.560 2.560	2.538		762
	8.53								20.0	73
7 <sup>h</sup> 15' "		290.4	289.2	289.9	4.7	6.6	2.760 2.760	2.736		764

## Versuch LI. 25. bis 26. April 1894.

L., Wittwe, geb. 31. October 1809. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 61.42 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 61.2 <sup>kg</sup>. Abendbrod: Milch 317 <sup>g</sup>, belegte Brödchen 132 <sup>g</sup>, Eier 60 <sup>g</sup>. Um 9 Uhr Vorm. Kaffee mit Zwieback (Kaffee 170 <sup>g</sup>, Milch 122 <sup>g</sup>, Zwieback 145 <sup>g</sup>, Zucker 52 <sup>g</sup>). Frühstück um  $\frac{1}{2}$ , 3 Uhr Nachm. (belegte Brödchen 100 <sup>g</sup>, Eier 110 <sup>g</sup>, Milch 90 <sup>g</sup>). Mittagessen zwischen 4 und 5 Uhr Nachm. (Kalbsbraten und Kartoffeln 85 <sup>g</sup>, Pfannkuchen 35 <sup>g</sup>, Confituren 30 <sup>g</sup>, Bier 155 <sup>g</sup>). Ausserdem 468 <sup>g</sup> Wasser. Ging zu Bett etwa  $\frac{1}{2}$ , 11 Uhr Nachm., stand auf um  $\frac{1}{2}$ , 9 Uhr Vorm. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rations- kammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
6 <sup>h</sup> 30' Nachm.	7.01	291.4	295.7	9.3	0.964 0.960	0.950	14.0	51	762
8 <sup>h</sup> 30' "		291.4	294.5	9.5	1.192 1.192	1.177			
10 <sup>h</sup> 30' "	6.83	291.5	293.5	9.3	1.440 1.448	1.426	15.9	58	762
	6.74						10.1	37	
12 <sup>h</sup> 30' Vorm.	6.72	291.5	292.7	9.3	1.564 1.568	1.547	12.0	44	762
2 <sup>h</sup> 30' "		291.5	292.5	9.2	1.720 1.716	1.697			
4 <sup>h</sup> 30' "	6.87	291.6	292.1	9.3	1.868 1.880	1.851	12.9	47	762
	6.68						10.7	39	
6 <sup>h</sup> 30' "	6.76	291.6	291.6	9.4	1.976 1.984	1.956	16.6	61	762
8 <sup>h</sup> 30' "		291.6	291.6	9.4	2.196 2.188	2.165			
	6.84						16.6	61	
10 <sup>h</sup> 30' "	6.66	291.6	292.2	9.5	2.392 2.388	2.360	16.7	61	762
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.		291.6	292.5	9.6	2.576 2.584	2.548			
	6.33						13.8	51	
2 <sup>h</sup> 30' "	6.38	291.6	292.6	9.7	2.716 2.704	2.676	18.2	67	762
4 <sup>h</sup> 30' "		291.7	292.7	9.8	2.920 2.916	2.881			
	6.19						15.7	57	
6 <sup>h</sup> 30' "		291.7	292.6	9.9	3.060 3.080	3.030			762

Figg. 13 bis 23 stellen die Ergebnisse dieser Versuche graphisch dar. Im Anschluss an diese Figuren und an die Versuchsprotocolle werden wir die Versuche etwas näher erörtern.

**Versuch XXIX.** Der Versuch beginnt um 6 Uhr Nachm., etwa  $1\frac{1}{3}$  Stunde nach dem Mittagessen. Während der drei ersten zweistündigen Perioden ist die Kohlensäureabgabe bezw. 60, 58 und 54<sup>g</sup>. Gleich

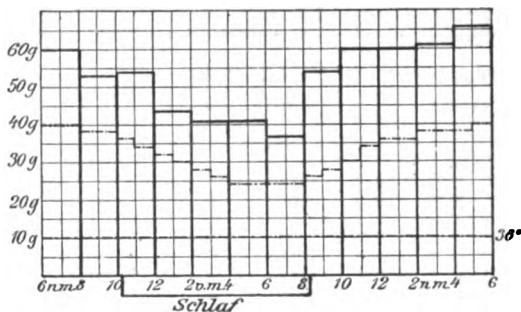


Fig. 13. Vers. XXIX.

auf 54<sup>g</sup> zu und hält sich dann zwischen 10 Uhr Vorm. und 4 Uhr Nachm. aufs nächste unverändert, um endlich während der letzten Periode des Versuches, nach um 3 Uhr 30 Min. genossenem Mittagessen, von 61 bis auf 66<sup>g</sup>, d. h. mit etwa 8.2 Procent, anzusteigen.

**Versuch XXX.** Bei diesem Versuch, der ebenfalls um 6 Uhr Nachm. begann, ist die Analyse um 8 Uhr Nachm. vereitelt, so dass wir keine

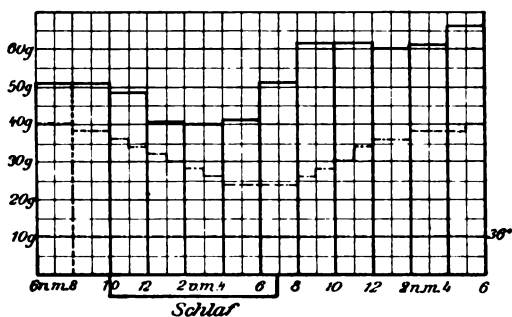


Fig. 14. Vers. XXX.

Angaben darüber mittheilen können, wie sich die Kohlensäureabgabe während jeder der beiden zweistündigen Perioden 6 bis 8 und 8 bis 10 Uhr Nachm. verhielt. Um 10 Uhr Nachm. ging L. K. zu Bett und stand gleich vor 7 Uhr Vorm. auf. Während des Schlafes ist die Kohlensäureabgabe wesentlich vermindert; sie sinkt nämlich von 52<sup>g</sup> (Mittel pro 2 Stunden für die Zeit von 6 bis 10 Uhr Nachm.) auf bezw. 48, 41, 40, 42<sup>g</sup>. Nach dem Aufstehen nimmt die Kohlensäureabgabe sogleich zu, und zeigt von 8 Uhr Vorm. bis 6 Uhr Nachm. verhältnissmässig nur geringe Variationen, indem sie für die verschiedenen Perioden bezw. 62, 62, 60, 62, 67<sup>g</sup> beträgt.

T. L. sein Mittagessen genossen hatte. Von 5 bis 11 Uhr Nachm. variirt die Kohlensäureabgabe nur wenig, sie ist nämlich bezw. 78, 69, 74 g pro 2 Stunden. Um 9 Uhr 20 Min. Nachm. ging T. L. zu Bett, löschte um 10 Uhr 5 Min. die Lampe aus, erwachte um 10 Uhr Vorm. und stand um 11 Uhr auf. Im Schlaf war die Kohlensäureabgabe erheblich vermindert: 42, 45, 39, 44, 49 g pro 2 Stunden. Die Periode 9 bis 11 Uhr Vorm., während welcher T. L. etwa 1 Stunde in wachem Zustande bettlägerig war, bietet eine Zunahme von 49 (7 bis 9 Uhr Vorm.) auf 56 g Kohlensäure dar. — Um 12 Uhr Mittags genoss T. L. Frühstück. Zwischen 11 Uhr Vorm. und 3 Uhr Nachm. erscheint eine langsamere und während der letzten Periode zwischen 3 bis 5 Uhr Nachm. eine etwas schnellere Abnahme der Kohlensäureabgabe.

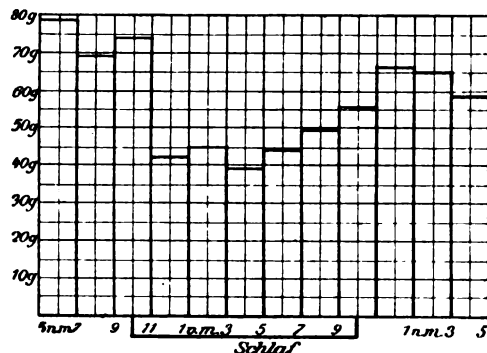


Fig. 15. Vers. XLI.

Versuch XXXI. Hungerversuch. A. M. hatte sich zu seinem Fasten gut vorbereitet; nach dem zu gewöhnlicher Zeit, um 4 Uhr Nachm., genossenen Mittagessen verzehrte er noch kurz vor dem Versuch eine Portion Fleisch. Auch ist die Kohlensäureabgabe während der zwei ersten Versuchsperioden (8 Uhr 15 Min. bis 12 Uhr 15 Min.) eine sehr hohe (88 bezw. 95 g). Sobald aber A. M. zu Bett ging, trat eine beträchtliche Abnahme, für die Periode 12 Uhr 15 Min. bis 2 Uhr 15 Min. Vorm. bis auf 59 g ein, und diesen geringen Werth hat die Kohlensäureabgabe bis zum Erwachen (um 8 Uhr 15 Min.) der Versuchsperson (53, 49, 53 g pro 2 Stunden). Er bleibt in wachem Zustande im Bett bis 12 Uhr 15 Min. Nachm. und dabei nimmt die Kohlensäureabgabe bis auf 56, bezw. 64 g zu, um dann zwischen 12 Uhr 15 Min. und 2 Uhr 15 Min. Nachm. noch weiter bis auf 78 g anzusteigen. Dar-

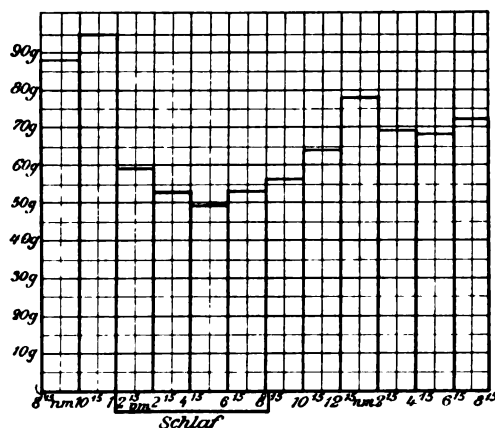


Fig. 16. Vers. XXXI.

nach nimmt sie während den letzten Perioden des Versuches wieder ab (69, 68, 72 g).

Versuch LXXVII. Der Versuch begann um 6 Uhr Nachm. Die drei ersten zweistündigen Perioden zeigen eine Kohlensäureabgabe von

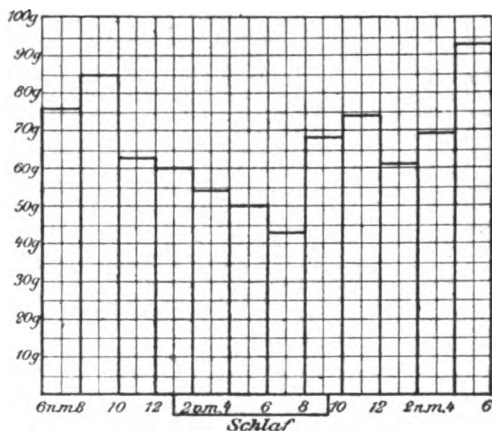


Fig. 17. Vers. LXXVII.

dann im weiteren Verlauf des Tages bzw. 74, 61, 69 und 93 g.

Versuch XLIX. Hungerversuch. Wie aus der Anmerkung nach dem Versuchsprotocoll hervorgeht, hat T. S. bei diesem Versuch genaue Aufzeichnungen über sein Verhalten während des Versuches gemacht. Der Versuch begann kurz nach dem Mittagessen. Während

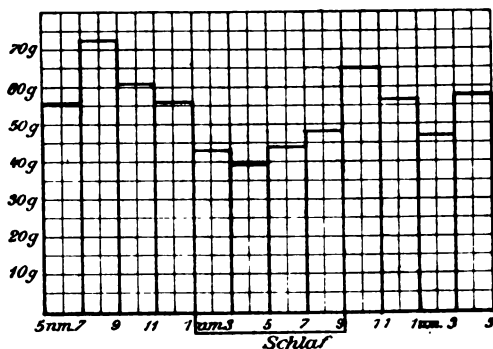


Fig. 18. Vers. XLIX.

der ersten Periode (5 bis 7 Uhr Nachm.) war T. S. bettlägerig und schlief dabei während etwa 30 Min. Die Kohlensäureabgabe ist auch hier geringer (56 g) als während der zweiten Periode (7 bis 9 Uhr: 73 g), die mit Lesen ohne Anstrengung zugebracht wurde. Während der folgenden Perioden (9 bis 11, 11 bis 1 Uhr Vorm.) nimmt die Kohlensäureabgabe ab auf bzw. 61 und 56 g. Im Verlauf der letzteren Periode ging T. S. zu Bett, machte Aufzeichnungen und studierte. Er schlief zwischen 1 und 9 Uhr Vorm.; dabei ist die Kohlensäureabgabe beträchtlich geringer als im wachen Zustande, nämlich bzw. 43, 39, 44, 48 g pro 2 Stunden. Nach dem Erwachen und Aufstehen tritt eine be-

trächtliche Steigerung (65 %) zwischen 9 und 11 Uhr Vorm. auf. Dann sinkt die Kohlensäureabgabe wieder auf bzw. 57, 47, 58 % pro 2 Stunden.

**Versuch XVII. Hungerversuch.** Dieser Versuch war der allererste unserer 24 stündigen Versuche und wir hofften durch denselben auch Erfahrungen über das Athemvolumen, die Pulsfrequenz u. s. w. zu erhalten, und brachten daher in die Respirationsskammer hierzu nothwendige Apparate ein. Hierdurch wurde jedoch der Versuch gewissermassen getrübt, weil J. E. J. nicht zu rechter Zeit zu Bett ging und daher nur zwischen 3 Uhr 35 Min. und 9 Uhr Vorm. schlief, und sogar dieser Schlaf war zweimal während im Ganzen 25 Minuten unterbrochen. Jedoch finden wir auch in diesem Versuch denselben allgemeinen Verlauf der Kohlensäureabgabe, wie bei den übrigen Versuchen wieder. Im Schlaf nimmt die Kohlensäureabgabe von 67 bzw. 61 %, wie sie während der zwei zweistündigen Perioden 11 bis 1 und 1 bis 3 Uhr Vorm. ist, auf bzw. 52, 45 und 56 % ab. Beim Erwachen und Aufstehen nimmt die Kohlensäureabgabe wieder zu und beträgt jetzt pro 2 Stunden bzw. 66, 65, 69, 66 und 55 %.

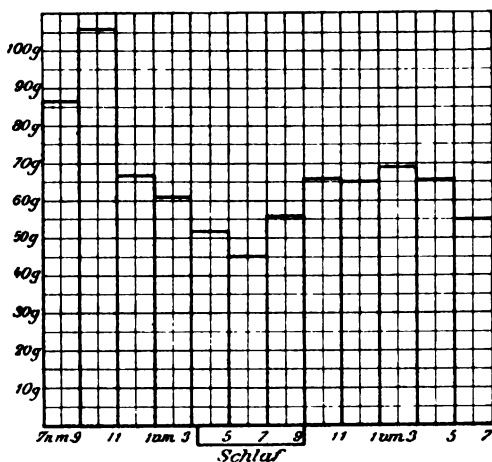


Fig. 19. Vers. XVII.

Die zwei ersten Versuchsperioden (7 bis 9 und 9 bis 11 Uhr Nachm.) zeigen eine beträchtlich grössere Kohlensäureabgabe. Betreffs der zweiten Periode, wo das Maximum erscheint, ist dies aller Wahrscheinlichkeit nach davon bedingt, dass J. E. J. während dieser Periode das Psychrometer in dem Canal für die einströmende Luft mit Wasser versehen (und also an der in der Respirationsskammer befindlichen Leiter klettern) musste. Er giebt an, dass dies sehr anstrengend war. Auch während der folgenden Perioden war er genöthigt, dasselbe zu thun, dabei hat er aber diejenigen Schwierigkeiten, denen er zum ersten Mal begegnete, und also auch die grosse körperliche Anstrengung vermeiden können. Wie schon bemerkt, kam es bei den anderen Versuchen nie mehr in Frage, das Psychrometer durch die Versuchsperson mit Wasser zu versehen.

**Versuch XLII. Hungerversuch.** Das Mittagessen war etwa 2 Stunden vor dem Versuch genossen. Die drei ersten zweistündigen Perioden zeigen eine ununterbrochene Abnahme der Kohlensäureabgabe: 82, 71, 61 %. Während der letzten ging J. W. zu Bett und löschte die

Lampe um 12 Uhr 30 Min. Vorm. aus. Er schlief von 1 bis 7 Uhr Vorm. Dabei beträgt die Kohlensäureabgabe bezw. 49, 42 und 56 g pro

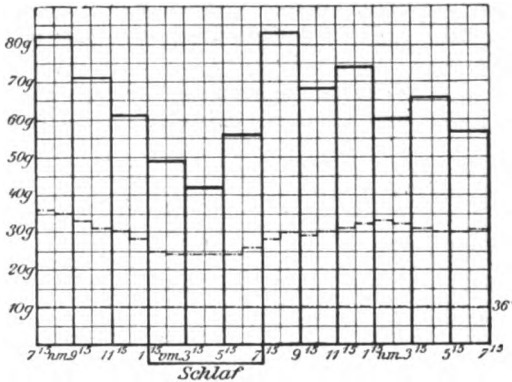


Fig. 20. Vers. XLII.

Versuch LXXVI. Dieser Versuch geschah an einem rüstigen, gut situierten 69jährigen Arbeiter. Derselbe hatte um 4 Uhr Nachm. sein Mittagessen genossen. Die erste Periode (6 bis 8 Uhr Nachm.) zeigte

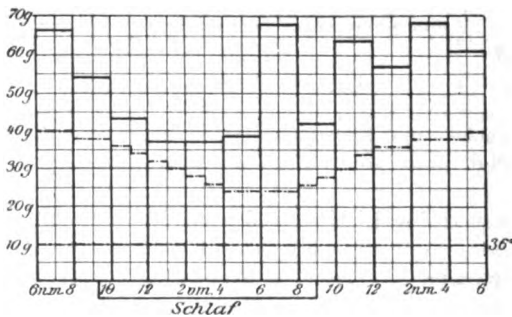


Fig. 21. Vers. LXXVI.

welche wohl von irgend welcher Bewegung herrührt. Während der folgenden Periode (8 bis 10 Uhr Vorm.) stand Å. auf (zwischen 9 und 10 Uhr); die Kohlensäureabgabe ist jetzt nur 42 g. Für die übrigen Perioden des Versuches beträgt die Kohlensäureabgabe bezw. 64, 57, 68, 61 g.

Versuch XLV. Auch in diesem Versuch war die Versuchsperson trotz ihres hohen Alters kräftig und rüstig. H. R. hatte um 4 Uhr 30 Min. Nachm. sein Mittagessen genossen; der Versuch fing um 7 Uhr 15 Min. Nachm. an. Die erste Periode zeigt eine Kohlensäureabgabe von 51 g, die zweite (9 Uhr 15 Min. bis 11 Uhr 15 Min. Nachm.) eine solche von 74 g. Um 9 Uhr hatte H. R. sein Abendbrod genossen. Er ging

zu Bett zwischen 10 und 11 Uhr Nachm. und stand um 8 Uhr 30 Min. Vorm. auf. Er hatte, seiner eigenen Angabe nach, nicht ganz gut geschlafen und erwachte einige Male während der Nacht; jedoch sinkt die Kohlensäureabgabe auf bezw. 39, 40, 41, 35 % pro 2 Stunden (11 Uhr 15 Min. bis 7 Uhr 15 Min. Vorm.). Nach dem Aufstehen ist die Kohlensäureabgabe während der beiden Perioden 7 Uhr 15 Min. bis 9 Uhr 15 Min. und 9 Uhr 15 Min. bis 11 Uhr 15 Min. Vorm. 61 %, sinkt dann auf 48 bezw. 42 % zwischen 11 Uhr 15 Min. und 3 Uhr 15 Min.

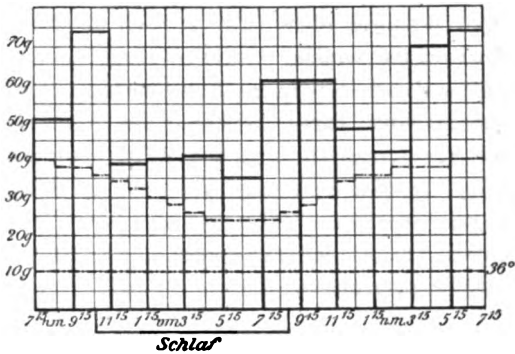


Fig. 22. Vers. XLV.

Dies wird dadurch erklärt, dass H. R. um 1 Uhr zu Bett ging und dann, wahrscheinlich, einschlief. Nachdem H. R. um 3 Uhr 15 Min. Nachm. sein Mittagsessen genossen hatte, steigt die Kohlensäureabgabe während der zwei letzten Versuchsperioden auf 70 bezw. 73 %.

Versuch LI. Wir waren in der günstigen Lage, zu diesem Versuche eine 85 jährige, rüstige Frau zu erhalten. Die Kohlensäureabgabe ist während der ersten zwei Perioden (6 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr 30 Min. und 8 Uhr 30 Min. bis 10 Uhr 30 Min.) 51, bezw. 58 %. Etwa um 10 Uhr 30 Min. ging L. zu Bett; die Kohlensäureabgabe ist für die Perioden 10 Uhr 30 Min. bis 12 Uhr 30 Min., 12 Uhr 30 Min. bis 2 Uhr 30 Min., 2 Uhr 30 Min. bis 4 Uhr 30 Min., 4 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min.

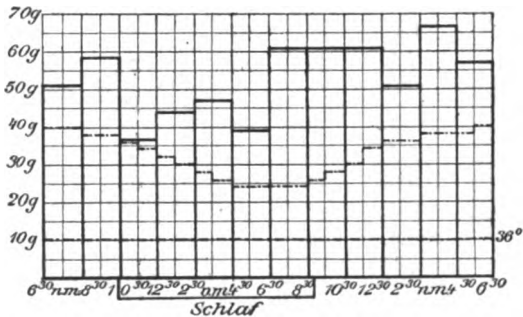


Fig. 23. Vers. LI.

Vorm. bezw. 37, 44, 47, 39 %. Während der folgenden Periode 6 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr 30 Min. stand sie auf, und die Kohlensäureabgabe nahm auf 61 % zu, um sich im weiteren Verlauf des Tages um diesen Werth zu bewegen (61, 61, 51, 67, 57 %).

Nachdem wir also über die zu unserer Verfügung stehenden Versuche berichtet haben, werden wir jetzt untersuchen, welche Ergebnisse aus denselben erhalten werden können.



§ 4. Die Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages im wachen Zustande.

Ein Blick auf die im § 3 mitgetheilten Versuchsprotocolle zeigt ohne Weiteres einen wie grossen Einfluss der Schlaf auf die Kohlensäureabgabe ausübt. Unter solchen Umständen ist es selbstverständlich, dass wir bei der näheren Erörterung der während der verschiedenen Stunden des Tages erscheinenden Variationen der Kohlensäureabgabe den wachen Zustand und den Schlaf besonders für sich behandeln müssen.

Wir theilen unsere Versuche in 2 Gruppen ein, je nachdem die Versuchspersonen dabei gefastet oder ihre gewöhnliche Kost genossen haben und stellen zur besseren Uebersicht dieselben in der folgenden Tabelle zusammen.

Die Kohlensäureabgabe während zweistündigen Perioden bei wachem Zustande.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm. Periode: <sup>1</sup>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei gewöhnlicher Kost.												
XXIX.	60	53	54	—	—	—	—	54	60	60	61	66
XXX.	104	—	—	—	—	—	52 <sup>2</sup>	62	62	60	62	67
LXXVII.	76	85	63	60 <sup>3</sup>	—	—	—	67 <sup>4</sup>	74	61	69	93
LXXVI.	66	54 <sup>5</sup>	—	—	—	—	—	42 <sup>6</sup>	64	57	68	61
XLV.	51	74	—	—	—	—	61	61	— <sup>7</sup>	— <sup>7</sup>	70	73
LI.	51	58	—	—	—	—	61	61	61	51	67	57
B. Bei Hunger.												
XLII. <sup>8</sup>	78	69	74	—	—	—	—	—	—	67	65	58
XXXI.	88	95	—	—	—	—	—	64 <sup>9</sup>	78	69	68	72
XLIX.	56 <sup>10</sup>	73	61	56	—	—	—	—	65	57	47	58
XVII.	87	106 <sup>11</sup>	67	61	—	—	—	66	65	69	66	55
XLII.	82	71	61	—	—	—	83	68	74	60	66	57

<sup>1</sup> In Bezug auf die wirkliche Zeit verweisen wir auf die Versuchsprotocolle.

<sup>2</sup> Fast die Hälfte dieser Periode war vorüber, als die Versuchsperson aufstand.

<sup>3</sup> Während dieser Periode schlief die Versuchsperson ein.

<sup>4</sup> Stand während dieser Periode auf.

<sup>5</sup> Ging während dieser Periode zu Bett.

<sup>6</sup> Stand während dieser Periode auf.

<sup>7</sup> Wir schliessen diese Periode aus, weil die Versuchsperson während derselben lag und wahrscheinlich auch einschlummerte.

<sup>8</sup> Die Versuchsperson genoss ihre einzige Mahlzeit während der zehnten Periode.

<sup>9</sup> Während dieser Periode lag die Versuchsperson zu Bett, ohne jedoch zu schlafen.

<sup>10</sup> Schlaf hierbei etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde.

<sup>11</sup> Die Versuchsperson führte während dieser Periode eine schwere Arbeit aus.

Die Versuche mit Kost zeigen die folgenden Differenzen zwischen Maximum und Minimum der Kohlensäureabgabe: Versuch XXIX: 13 g, Versuch XXX: 15 g, Versuch LXXVII: 33 g, Versuch LXXVI: 26 g, Versuch XLV: 23 g, Versuch LI: 16 g pro 2 Stunden.

In den Hungerversuchen sind diese Differenzen folgende: Versuch XLI: 20 g, Versuch XXXI: 31 g, Versuch XLIX: 17 g, Versuch XVII: (wenn die zweite Periode wegen der dabei stattfindenden starken Arbeit ausgeschlossen wird) 22 g, Versuch XLII: 26 g.

Betreffs der Hungerversuche ist es deutlich, dass sich am ersten Abend vor dem Einschlafen noch kein Hungerzustand ausgebildet hat, dass aber auf der anderen Seite ein derartiger Zustand etwa am folgenden Morgen beginnt. Wir können daher voraussetzen, dass die mittlere Kohlensäureabgabe während des ersten Abends grösser sein soll, als während des darauf folgenden Versuchstages. Dies wird in der That durch die Versuche bestätigt. Wir finden nämlich:

Die mittlere Kohlensäureabgabe pro 2 Stunden; Gramm.

Versuch	I. Abends	II. Während des folgenden Tages	II. : I.
XLI.	73	63	100 : 116
XXXI.	91	70	100 : 130
XLIX.	61	57	100 : 108
XVII.	72	64	100 : 111
XLII.	72	68	100 : 105

Mittel: 100 : 114

Im Mittel findet sich also eine Differenz von 14 Procent (Minimum 5, Maximum 30 Procent) zwischen der Kohlensäureabgabe vor und nach dem Schläfe vor, d. h. der Hungerzustand setzt bei den im Allgemeinen gut nutrirten Personen, die sich zu diesen Versuchen opferten, die Kohlensäureabgabe um im Mittel 14 Procent herab.

Während des eigentlichen Fasttages wird das Minimum der Kohlensäureabgabe während der letzten (Versuch XLI, XVII, XLII) oder vorletzten Periode (Versuch XXXI,<sup>1</sup> XLIX) erreicht. Die Differenz

<sup>1</sup> Das absolute Minimum trifft allerdings während der 8. Periode ein; während derselben lag aber die Versuchsperson zu Bett — was die dabei erscheinende verhältnissmässig geringe Kohlensäureabgabe erklären dürfte.

renz zwischen Maximum und Minimum ist jedoch im Allgemeinen nicht sehr beträchtlich, denn das Minimum verhält sich zum Maximum

im Versuch	XLI. wie	100:117
„	XXXI. „	100:115
„	XLIX. „	100:137
„	XVII. „	100:125
„	XLII. „	100:145
Mittel		100:128

Wenn also die Kohlensäureabgabe im Verlauf des Tages im Allgemeinen abnimmt, so geschieht dies doch nicht mit einer absoluten Regelmässigkeit. Im Gegentheil zeigen sich, wie aus den Versuchsprotocollen hervorgeht, oft Variationen, welche ohne Zweifel davon bedingt sind, dass andere Umstände, vor allem Körperbewegungen, den Einfluss des Hungerzustandes übercompensiren.

Bei den Versuchen mit Kost sind die Variationen im Allgemeinen an und für sich geringer und gehen, wie zu erwarten ist, in beiden Richtungen. Zum Vergleich mit den Ergebnissen beim Hungern theilen wir entsprechende Berechnungen über diese Versuche mit.

Die mittlere Kohlensäureabgabe pro 2 Stunden; Gramm.

Versuch	I. Abends	II. Während des folgenden Tages	II. : I.
XXIX.	56	60	100 : 93
XXX.	52	63 <sup>1</sup>	100 : 83
LXXVII.	71	73	100 : 97
LXXVI.	60	58	100 : 103
XLV.	62	66	100 : 94
LI.	55	60	100 : 92

Mittel: 100 : 94

Die Differenz zwischen dem Abend und dem folgenden Tage beträgt hier im Mittel nur 6 Procent und in der Mehrzahl der Fälle ist die Kohlensäureabgabe Abends geringer als während des darauf folgenden Tages.

In den Versuchen mit Kost verhält sich während des Tages das Minimum zum Maximum

<sup>1</sup> Die 7. Periode ausgeschlossen, weil sie fast zur Hälfte verflossen war, als die Versuchsperson aufstand.

im Versuch	XXIX.	wie	100:124
"	XXX.	"	100:111
"	LXXVII.	"	100:151
"	LXXVI.	"	100:160
"	XLV.	"	100:120
"	LI.	"	100:132
Mittel 100:133			

Da sich die bei gewöhnlicher Kost und bei dem ersten Hungertage auftretenden Variationen der Kohlensäureabgabe, wie aus den Versuchstabellen hervorgeht, innerhalb nicht allzuweiter Grenzen bewegen, ist es uns von Interesse erschienen, aus sämtlichen hierhergehörigen Bestimmungen das Mittel zu berechnen und zu untersuchen, wie gross die während der einzelnen Versuchsperioden erscheinenden Variationen der Kohlensäureabgabe in Procenten des Mittels sind. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen zweistündigen Perioden in Procenten des mittleren Werthes für den wachen Zustand.

Versuch	CO <sub>2</sub> pro 2 St. Mittel; g	Procentuelle Abweichung vom Mittel während der Periode											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.													
XXIX.	59	3.17	8.98	7.29	—	—	—	8.28	2.22	2.92	3.62	12.38	
XXX.	59	—	—	—	—	—	11.01	6.18	5.01	2.86	5.31	14.53	
LXXVII.	72	5.79	17.00	12.30	16.64	—	—	7.07	3.03	15.00	4.00	28.71	
LXXVI.	59	11.57	7.49	—	—	—	—	29.25	9.52	3.23	15.14	3.74	
XLV.	65	21.99	13.91	—	—	—	5.50	6.18	—	—	7.55	12.64	
LI.	58	11.99	0.17	—	—	—	3.94	4.29	4.96	13.36	14.21	1.69	
B. Bei Hunger.													
XLI.	68	13.61	1.42	7.76	—	—	—	—	—	1.86	5.07	15.86	
XXXI.	76	15.05	24.68	—	—	—	—	16.29	2.31	9.39	11.28	5.06	
XLIX.	59	4.66	22.70	2.48	5.15	—	—	—	10.10	4.41	19.79	1.32	
XVII.	67	29.33	— <sup>1</sup>	0.45	8.86	—	—	1.79	2.24	3.25	2.02	17.46	
XLII.	69	19.24	3.33	12.07	—	—	19.36	1.20	6.72	11.85	4.60	17.42	

<sup>1</sup> Weil die Versuchsperson während dieser Periode eine angestrenzte Arbeit ausführte, haben wir dieselbe bei der Berechnung des mittleren Werthes ausgeschlossen.

Die mittlere Variation beträgt

bei Versuch	XXIX.	6.11	Procent
"	XXX.	7.48	"
"	LXXVII.	12.17	"
"	LXXVI.	11.42	"
"	XLV.	11.30	"
"	LI.	6.83	"
"	XLI.	7.60	"
"	XXXI.	12.01	"
"	XLIX.	8.83	"
"	XVII.	8.18	"
"	XLII.	10.64	"

Zahl der  
Beobacht.

Die mittlere Variation ist bei den Versuchen mit Kost	9.22	Proc.	44
bei den Hungerversuchen . . . . .	9.45	"	38
bei sämtlichen Versuchen . . . . .	9.32	"	82

Dieses Ergebniss scheint uns ein gewisses praktisches Interesse zu haben, indem es uns eine Vorstellung von dem Grade der Allgemeingültigkeit giebt, worauf ein zweistündiger Versuch über die Kohlensäureabgabe bei einem nicht arbeitenden Menschen Anspruch machen kann.

Wir haben schon im zweiten Abschnitt diejenigen Gründe dargestellt, welche uns bewogen haben, die Versuche über die Kohlensäureabgabe bei Menschen von verschiedenem Alter und Geschlecht Vormittags auszuführen, und wir haben aus den bei diesen Versuchen gewonnenen Ergebnissen keine Schlussfolgerungen hinsichtlich der Kohlensäureabgabe während eines ganzen Tages oder während des wachen Zustandes im Allgemeinen gezogen oder ziehen wollen.

Da wir nun aber durch eine fortlaufende Reihe von Bestimmungen über die Kohlensäureabgabe im wachen Zustande während der verschiedenen Stunden des Tages gefunden haben, dass die Variationen im Mittel von 82 Bestimmungen nicht mehr als 9.32 Procent betragen, so scheint es erlaubt, daraus zu schliessen, dass die im zweiten Abschnitt dargestellten Resultate nur mit einem Fehler von etwa 10 Procent als Ausdruck für die Kohlensäureabgabe beim nicht arbeitenden Menschen im wachen Zustand überhaupt gelten können.

In welchem Verhältniss stehen diese Ergebnisse zu denjenigen von Smith und Magnus-Levy?

in diesen Versuchen zu erhalten, haben wir für dieselben das Mittel sowie die procentuelle Abweichung des Maximums und des Minimums davon berechnet. Hierdurch erhalten wir Kenntniss von den Grenzen der Variationen.

Von den Versuchen Smith's haben wir Nr. VIII ausgeschlossen, weil die Körperstellung in diesem absichtlich von Zeit zu Zeit von liegender zu sitzender und umgekehrt verändert wurde. Unter Magnus-Levy's Versuchen haben wir sowohl seinen Hungerversuch als auch denjenigen, bei welchem die Versuchsperson ihre gewöhnliche Kost genoss, aufgenommen.

Autor und Versuch	CO <sub>2</sub> pro Minute; Gramm			Procent. Abweichung		Zahl der Beobach- tungen
	Mittel	Maximum	Minimum	beim Maximum	beim Minimum	
Smith I. <sup>1</sup>	0.586	0.645	0.482	10.1	17.8	17 <sup>2</sup>
II. <sup>1</sup>	0.526	0.599	0.457	13.9	13.1	17 <sup>2</sup>
III. <sup>1</sup>	0.557	0.736	0.438	32.1	21.4	19
IV. <sup>1</sup>	0.648	0.745	0.564	15.0	13.0	21
V. <sup>1</sup>	0.453	0.538	0.389	18.8	14.1	16 <sup>3</sup>
VI. <sup>1</sup>	0.532	0.609	0.460	14.5	13.5	18 <sup>3</sup>
VII. <sup>1</sup>	0.623	0.700	0.544	12.4	12.7	11 <sup>4</sup>
IX. <sup>5</sup>	0.452	0.486	0.421	7.5	6.9	15
Magnus-Levy, Hunger <sup>6</sup>	0.318	0.353	0.274	11.0	13.9	21
„ <sup>7</sup>	0.414	0.463	0.374	11.8	9.7	12

Die maximalen Variationen in diesen Versuchen sind etwa derselben Ordnung wie die entsprechenden Variationen in unseren eigenen Versuchen. Sie sprechen also ihrerseits für die Richtigkeit unserer Schlussfolgerungen hinsichtlich der mittleren Variation der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Perioden des wachen Zustandes.

<sup>1</sup> Gewöhnliche Kost mit Frühstück, Mittagessen und Abendbrot.

<sup>2</sup> Die zwei ersten Bestimmungen vor dem Frühstück als ungewöhnlich niedrig ausgeschlossen.

<sup>3</sup> Die drei ersten Bestimmungen vor dem Frühstück als ungewöhnlich niedrig ausgeschlossen.

<sup>4</sup> Mit Ausnahme der ersten Bestimmung.

<sup>5</sup> Hunger.

<sup>6</sup> Die letzte Mahlzeit 13 Stunden vor dem Anfang des Versuches.

<sup>7</sup> Gewöhnliche Kost, von 10 Uhr Vorm. bis 10 Uhr 54 Min. Nachm.

## § 5. Die Variationen der Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung unserer Bestimmungen über die Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Die Kohlensäureabgabe während zweistündiger Perioden im Schlaf.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm. Periode											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.												
XXIX.	—	—	—	48	41	41	37	—	—	—	—	—
XXX.	—	—	48	41	40	42	—	—	—	—	—	—
LXXVII.	—	—	—	—	54	50	48	—	—	—	—	—
LXXVI.	—	—	43	37	37	39	— <sup>1</sup>	—	—	—	—	—
XLV.	—	—	39	40	41	35	—	—	48 <sup>2</sup>	42 <sup>2</sup>	—	—
LI.	—	—	37	44	47	39	—	—	—	—	—	—
B. Bei Hunger.												
XLI.	—	—	—	42	45	39	44	49	56 <sup>3</sup>	—	—	—
XXXI.	—	—	59	53	49	53	56 <sup>4</sup>	—	—	—	—	—
XLIX.	—	—	—	—	43	39	44	48	—	—	—	—
XVII.	—	—	—	—	52	45	56	—	—	—	—	—
XLII.	—	—	—	49	42	56	—	—	—	—	—	—

Im Schlaf zeigt die Kohlensäureabgabe im Allgemeinen etwas kleinere Variationen als im wachen Zustande. Das Minimum verhält sich zum Maximum

im Versuch	XXIX.	wie	100:117
"	XXX.	"	100:121
"	LXXVII.	"	100:124
"	LXXVI.	"	100:117
"	XLV.	"	100:119
"	LI.	"	100:128

<sup>1</sup> Die Periode 7 wird hier nicht aufgenommen, weil die grosse Kohlensäureabgabe (68<sup>g</sup>) ganz sicher zeigt, dass die Versuchsperson während derselben nicht geschlafen hat.

<sup>2</sup> Diese Perioden werden bei der Berechnung des mittleren Werthes nicht mitgenommen, weil die Versuchsperson nur während eines Theiles derselben schlief.

<sup>3</sup> T. L. erwachte in der Mitte dieser Periode, welche daher nicht bei der Berechnung des Mittels berücksichtigt wird.

<sup>4</sup> A. M. war den grössten Theil dieser Periode wach, lag aber zu Bett; diese Periode wird daher bei der Berechnung des Mittels ausgeschlossen.

im Versuch	XLI. wie	100:125
"	XXXI.	" 100:122
"	XLIX.	" 100:125
"	XVII.	" 100:125
"	XLII.	" 100:133
	Mittel	100:123

Das Minimum der Kohlensäureabgabe, welches wohl in einem gewissen Grade einen Ausdruck für den tiefsten Schlaf darstellt, findet sich in den meisten Versuchen etwa in der Mitte der Schlafzeit. So ist das Verhalten in den Versuchen XXX, LXXVI, XLI, XXXI, XLIX, XVII und XLII. Von dieser Regel bilden die Versuche XXIX, LXXVII und XLV einerseits und Versuch LI andererseits Ausnahmen, indem in diesem das Minimum während der ersten Periode, in jenen während der letzten Periode des Schlafes eintritt.

Um die Variationen der Kohlensäureabgabe im Schlaf leichter zu übersehen, theilen wir die folgende Tabelle mit, in welcher wir in derselben Weise als in der entsprechenden Tabelle für den wachen Zustand die Variationen der Kohlensäureabgabe in Procenten des Mittels berechnet haben.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der  
verschiedenen zweistündigen Perioden  
in Procenten des mittleren Werthes im Schlaf.

Versuch	CO <sub>2</sub> pro 2 St. Mittel; Gramm	Procent. Abweichung vom Mittel während der Periode											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.													
XXIX.	41	—	—	—	5.63	2.09	2.19	9.92	—	—	—	—	—
XXX.	43	—	—	13.16	5.07	6.09	2.05	—	—	—	—	—	—
LXXVII.	49	—	—	—	—	4.82	0.94	5.76	—	—	—	—	—
LXXVI.	39	—	—	8.95	4.92	3.36	0.89	—	—	—	—	—	—
XLV.	39	—	—	0.47	2.96	6.75	10.02	—	—	—	—	—	—
LI.	42	—	—	11.70	5.25	12.66	6.45	—	—	—	—	—	—
B. Bei Hunger.													
XLI.	44	—	—	—	4.09	2.12	10.04	0.00	11.98	—	—	—	—
XXXI.	54	—	—	11.52	2.01	8.49	10.43	—	—	—	—	—	—
XLIX.	44	—	—	—	—	0.69	11.54	1.67	10.53	—	—	—	—
XVII.	51	—	—	—	—	2.39	11.96	9.34	—	—	—	—	—
XLII.	49	—	—	—	0.58	13.82	14.35	—	—	—	—	—	—



Die mittlere Variation beträgt

im Versuch	XXIX.	4.96	Procent
"	XXX.	6.59	"
"	LXXVII.	7.82	"
"	LXXVI.	4.53	"
"	XLV.	5.05	"
"	LI.	9.02	"
"	XLI.	5.65	"
"	XXXI.	8.11	"
"	XLIX.	6.11	"
"	XVII.	7.90	"
"	XLII.	9.58	"

Zahl der  
Beobacht.

Die mittlere Variation ist bei den Versuchen mit Kost	6.33	Proc.	23
bei den Hungerversuchen . . . . .	7.47	"	19
bei sämtlichen Versuchen . . . . .	6.85	"	42

Die mittlere Variation der Kohlensäureabgabe im wachen Zustand beträgt 9.32 Procent. Im Schlaf sind also die Variationen der Kohlensäureabgabe etwa  $\frac{1}{3}$  kleiner als im wachen Zustande.

Ueber das Verhältniss zwischen der Kohlensäureabgabe im wachen Zustande und im Schlaf liegen bis jetzt kaum einige Untersuchungen am Menschen vor. Wie schon gesagt, haben Scharling und Smith einige Angaben über die Kohlensäureabgabe im Schlafe mitgetheilt, aus welchen hervorzugehen scheint, dass diese im Schlafe bedeutend geringer als im wachen Zustande ist. Die betreffenden Bestimmungen sind aber nicht in directem Zusammenhang mit solchen für den wachen Zustand ausgeführt und wir können daher aus denselben keine Schlussfolgerungen hinsichtlich der Frage ziehen, in einem wie hohen Grade die Kohlensäureabgabe im Schlafe abnimmt.

Löwy und Magnus-Levy<sup>1</sup> stellen in Frage, ob der Schlaf überhaupt die Oxydationsprocesse im Körper herabsetzt.

Dass dies in der That der Fall ist, geht jedoch mit aller Bestimmtheit aus denjenigen Versuchen von Pettenkofer und Voit hervor, bei welchen diese Autoren die Kohlensäureabgabe für den Tag und die Nacht bestimmten. Ihre Ergebnisse zeigen nämlich ganz unzweideutig, dass während der Nacht die Kohlensäureabgabe geringer

<sup>1</sup> Vgl. Magnus-Levy, a. a. O., S. 87.

Versuche bei körperlicher Ruhe — und dann muss noch bemerkt werden, dass die Versuchsperson lange nicht die gesammten 12 Stunden, die Pettenkofer und Voit als Nachthälfte rechneten, schlief, sondern einen grossen Theil derselben in wachem Zustande zubrachte. Wir stellen diese Versuche nebst einer von uns ausgeführten Berechnung über das Verhältniss der Kohlensäureabgabe in der Tages- und der Nachthälfte hier zusammen.

Die Kohlensäureabgabe während der Tageshälfte und der Nachthälfte nach Pettenkofer und Voit.

Versuchsperson	Zustand	Kohlensäure; Gramm		Verhältniss Nacht : Tag
		Nacht	Tag	
I. 1)	Hunger	312	427	100 : 137
3)	"	316	379	100 : 120
5)	Mittlere Kost	379	533	100 : 141
6)	"	404	539	100 : 133
7)	"	403	527	100 : 131
10)	N-reiche Kost	423	580	100 : 137
11)	"	442	596	100 : 135
12)	N-arme Kost	331	508	100 : 154
14)	Dieselbe Kost morgens u. abends	451	481	100 : 107
II.	Mittlere Kost	299	396	100 : 132
Diabetiker <sup>1</sup>	Gemischte Kost	300	359	100 : 120
" <sup>2</sup>	"	315	345	100 : 110
Leukämiker <sup>3</sup>	"	465	481	100 : 103

Das Verhältniss zwischen Nacht und Tag ist für die an gesunden Menschen ausgeführten Versuche im Mittel wie 100 : 133.

Um die relative Grösse der Kohlensäureabgabe im wachen Zustande und im Schlaf zu eruiren, haben wir für unsere Versuche den mittleren Werth der Kohlensäureabgabe für jeden dieser verschiedenen Zustände berechnet und haben dabei die folgenden Ergebnisse erhalten:

<sup>1</sup> Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 546. 1866.

<sup>2</sup> Pettenkofer und Voit, *ibid.* Bd. III, S. 398. 1867.

<sup>3</sup> Pettenkofer und Voit, *ibid.* Bd. V, S. 326. 1869.

## Die Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande.

Versuch	Kohlensäure; Mittel; Gramm		Verhältniss Schlaf: Wachen
	Schlaf	Wachen	
A. Bei normaler Kost.			
XXIX.	41	59	100:144
XXX.	43	59	100:137
LXXVII.	49	72	100:147
LXXVI.	39	59	100:151
XLV.	39	65	100:169
LI.	42	58	100:138
B. Beim Hunger.			
XLI.	44	68	100:156
XXXI.	54	76	100:142
XLIX.	44	59	100:136
XVII.	51	67	100:132
XLII.	49	69	100:143

Mittel der Versuche mit normaler Kost 100:148

„ „ Hungerversuche . . . . . 100:142

„ sämtlicher Versuche . . . . . 100:145

Im Mittel sämtlicher Versuche ist das Verhältniss der Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande wie 100:145. Im wachen Zustande und in Ruhe ist also die Kohlensäureabgabe im Mittel 45 Procent grösser als im Schlaf.

Die Ursache dazu glauben wir mit aller Bestimmtheit in der grösseren Schlaffheit der Muskeln, die im Schlaf stattfindet, suchen zu müssen. Dagegen haben wir, ebensowenig als Loewy und Magnus-Levy, keinen Grund anzunehmen, dass der Schlaf an und für sich irgend welchen specifischen Einfluss auf den Stoffwechsel im Körper ausübt.

Ueber die Grösse der Kohlensäureabgabe während des Schlafes selbst liegen unseres Wissens keine anderen längeren Beobachtungen vor, als 5 von Lewin<sup>1</sup> mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparat ausgeführte Respirationsversuche. Diese fanden an einem robusten Arbeiter von 76 <sup>kg</sup> Körpergewicht statt; der Mann schlief die ganze Versuchsdauer im Respirationsapparate. Diese Versuche lehren uns also nichts betreffs des Verhältnisses der Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande. Die Ergebnisse sind folgende:

<sup>1</sup> Lewin, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XVII, S. 71—77. 1881.

Nummer	Schlafzeit	CO <sub>2</sub> Gramm pro 2 Stunden
1	8 Stund. 2 Min.	208.5
2	8 " 21 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	227.1
3	8 " 34 "	220.3
4	8 " 44 "	243.0
5	8 " 40 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	236.1

Mittel 53

Dieses Mittel stimmt mit dem höchsten von uns beobachteten Mittelwerth überein.

Wenn es gilt zu untersuchen, welchen Einfluss das Lebensalter und die Körpergrösse an und für sich auf die Grösse des Stoffwechsels ausüben, dürften Versuche über den Stoffwechsel im Schlaf am meisten befriedigend sein, denn da befindet sich ja die Versuchsperson in der grössten möglichen Muskelruhe, und Differenzen, die von einer während des wachen Zustandes auftretenden verschieden starken Muskelspannung u.s.w. bedingt sind, werden jetzt ausgeschlossen.

Aus diesem Gesichtspunkte haben wir daher unsere Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe im Schlaf einer Berechnung unterworfen. Als Grundlage dieser Berechnung haben wir für jede unserer Versuchspersonen den kleinsten von uns beobachteten Werth der Kohlensäureabgabe im Schlaf benutzt, da wir ja berechtigt sind anzunehmen, dass die grösste Muskelruhe eben diesem Werth entspricht und also das minimale Bedürfniss des Körpers in dem eben vorhandenen Nahrungszustand ausdrückt.

Aus diesem Werth haben wir Werthe für die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht und pro Quadratmeter Körperoberfläche hergeleitet, wobei wir die letztere wie oben nach der Formel von Meeh  $y = K \cdot a^{1/4}$  berechnet haben, wo  $K$  bei den Versuchen an jungen Leuten (Nr. 1 bis 5) = 12.85 und für ältere Personen = 12.53 angenommen worden ist. (Siehe die Tabelle Seite 150.)

Dass die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht in der Regel abnimmt bei zunehmendem Körpergewicht, braucht nicht mehr bewiesen zu werden und geht mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit aus der Tabelle hervor.

Von grösserem Interesse ist es zu untersuchen, wie sich die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche verhält. Hier tritt wiederum die Bedeutung des Lebensalters deutlich hervor. Bei den beiden Knaben von 11 bis 12 Jahren ist die Kohlensäureabgabe

## Minimum der Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Nummer	Versuch	Alter	Körpergewicht; Kilogramm	Körper- oberfläche; Quadratmeter	CO <sub>2</sub> pro 2 Stunden			Mittlere Tempe- ratur in der Respirations- kammer
					absolut	pro Kilogramm	pro Quadratmeter	
1	XXIX.	11	32.05	1.296	37	1.139	28.18	17.2
2	XXX.	12	38.30	1.460	40	1.050	27.56	18.8
3	XLI.	18	57.00	1.903	39	0.692	20.72	17.3
4	XXXI.	20	71.18	2.207	49	0.691	22.27	19.5
5	LXXVII.	22	72.70	2.238	43	0.596	19.35	17.5
6	XLIX.	30	63.00	1.984	39	0.613	19.48	18.7
7	XVII.	32	69.51	2.118	45	0.642	21.06	16.1
8	XLII.	43	83.51	2.394	42	0.504	18.00	19.3
9	LXXVI.	69	66.60	2.059	37	0.551	17.83	17.8
10	XLV.	78	59.00	1.899	35	0.586	18.26	16.3
11	LI.	84	61.31	1.948	37	0.605	18.99	17.0

für die Einheit der Körperoberfläche beträchtlich grösser als bei den übrigen 9 Versuchspersonen. Auch bei diesen erscheinen aber Schwankungen der Kohlensäureabgabe, welche möglicherweise dafür sprechen können, dass auch bei Erwachsenen die Kohlensäureabgabe bei jüngeren Individuen etwas grösser ist als bei älteren. Wir finden nämlich für Nr. 3 und 4 im Mittel 21.50, für Nr. 5 bis 7 im Mittel 19.96, für Nr. 8 18.00<sup>s</sup>, für Nr. 9 bis 11 im Mittel 18.36<sup>s</sup> CO<sub>2</sub> pro Quadratmeter der Körperoberfläche. Im Mittel erhalten wir die folgenden relativen Werthe:

Versuch	Alter; Jahre	CO <sub>2</sub> pro 2 Stunden und 1 Quadratmeter Körperoberfläche
XXIX., XXX.	11—12	152
XLI., XXXI.	18—20	117
LXXVII., XLIX., XVII.	22—32	109
XLII.	43	98
LXXVI., XLV., LI.	69—84	100

Bei den Knaben ist also die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche 52 Procent und bei jungen Leuten im Alter von 18 bis 20 Jahren 17 Procent grösser als bei den Greisen.

stellung von Versuchsergebnissen, welche theils an fastenden, theils an normal ernährten Menschen gewonnen sind, durchaus berechtigt ist, wenn wir uns nämlich erinnern, dass bei unseren Hungerversuchen der wirkliche Hungerzustand erst am Morgen nach der Nacht eintrat und dass die Kost, welche Erwachsene hier im Lande zu Abend zu geniessen pflegen, im Allgemeinen keine reichliche ist.

### § 6. Die N-Ausscheidung im Harn während der verschiedenen Stunden des Tages.

Ueber die N-Ausscheidung im Harn während der verschiedenen Stunden des Tages liegen unseres Wissens keine anderen Untersuchungen am Menschen vor als diejenigen, welche Voit und Forster in aller Kürze mitgetheilt haben.

Voit<sup>1</sup> fastete 23 Stunden, genoss dann eine sehr reichliche, aus mehreren Beefsteaks, 6 weichgekochten Eiern und etwas Brod bestehende Mahlzeit. Diese Mahlzeit war um 12 Uhr 25 Min. Nachm. beendigt. Von 9 Uhr früh dieses Tages bis um 1 Uhr Nachm. am folgenden Tage wurde der Harn jede Stunde entleert und an Harnstoff analysirt.

Die Harnstoffmenge nahm während der ersten Stunde nach der Mahlzeit kaum zu, zeigte aber schon während der zweiten Stunde eine deutliche Steigerung und erreichte in ununterbrochenem Zuwachs während der siebenten Stunde ihr Maximum. Von da an sinkt sie wieder herab zum Minimum, jedoch nicht continuirlich, sondern mit einigen Schwankungen, unter denen eine, während der zwölften Stunde, relativ beträchtlich war. Die Hälfte der ganzen Harnstoffmenge wurde innerhalb elf Stunden ausgeschieden.

Forster<sup>2</sup> erwähnt betreffs seines Versuches nur, dass seine Versuchsperson um 9 Uhr Vorm. 500 g Fleisch (mit 18.04 g N) und 48.3 g Fett erhielt, nachdem sie vom vorigen Abend gefastet hatte. Während 24 Stunden wurde die Blase fast jede Stunde entleert und für vierstündige Perioden die in der folgenden Tabelle aufgenommenen Werthe für die N-Ausscheidung gefunden:

---

<sup>1</sup> Voit, *Physiologisch-chemische Untersuchungen*. Augsburg 1857. S. 41—44.

<sup>2</sup> Forster, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. IX, S. 383. 1873.

Zeit		N im Harn
10 <sup>h</sup> Vorm.	bis 1 <sup>h</sup> Nachm.	2.74
2 <sup>h</sup> Nachm.	„ 5 <sup>h</sup> „	3.51
6 <sup>h</sup> „	„ 9 <sup>h</sup> „	3.36
10 <sup>h</sup> „	„ 1 <sup>h</sup> Vorm.	3.36
2 <sup>h</sup> Vorm.	„ 5 <sup>h</sup> „	2.52
6 <sup>h</sup> „	„ 9 <sup>h</sup> „	2.56

Die N-Ausscheidung erreicht während der zweiten Periode ihr Maximum, bleibt während der zwei folgenden etwa auf derselben Höhe, um während der zwei letzten wieder abzunehmen.

Bei unseren 24stündigen Versuchen sammelten wir die 24stündige Harnmenge, um solcher Art den Gesamtstoffwechsel unserer Versuchsindividuen zu bestimmen. Um aber auch die Frage von den Variationen der N-Ausscheidung im Verlauf des Tages etwas aufzuklären, wurde in 6 Versuchen der Harn in getrennten Portionen aufgefangen und analysirt.

Da es jedoch für unseren Versuchszweck in erster Linie nothwendig war, dass sich die Versuchsindividuen in möglichst normalen Verhältnissen befinden sollten, wollten wir dieselben in ihrem Schlaf nicht stören, und sammelten also den gesamten Nachtharn in einer einzigen Portion.

Der Stickstoff wurde durch Doppelanalysen, welche immer genau übereinstimmten, nach Kjeldahl bestimmt.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Die N-Ausscheidung während der verschiedenen Stunden des Tages.

Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubik- centimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XLI. T. L., 18 Jahre. Nur Frühstück.	1	7 <sup>h</sup> Nachm.	250	1.017	0.68	1.70	0.85
	2	9 <sup>h</sup> „	510	1.010	0.30	1.53	0.77
	3	10 <sup>h</sup> Vorm.	785	1.016	0.77	6.04	0.46
	4	1 <sup>h</sup> Nachm.	114	1.022	1.03	1.17	0.39
	5	3 <sup>h</sup> „	60	1.036	1.84	1.10	0.55
	6	5 <sup>h</sup> „	68	1.038	1.94	1.32	0.66

Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubik- centimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XXXI. A. M., 20 Jahre alt. Hunger.	1	10 <sup>h</sup> 15' Nachm.	250	1.025	1.22	3.05	1.53
	2	12 <sup>h</sup> 15' Vorm.	142	1.027	1.56	2.21	1.11
	3	8 <sup>h</sup> 45' „	491	1.025	1.72	8.45	0.99
	4	12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	241	1.024	1.28	3.06	0.93
	5	2 <sup>h</sup> 15' „	84	1.025	1.37	1.15	0.58
	6	4 <sup>h</sup> 15' „	87	1.025	1.42	1.24	0.62
	7	6 <sup>h</sup> 15' „	81	1.027	1.54	1.25	0.63
	8	8 <sup>h</sup> 15' „	66	1.028	1.67	1.10	0.55
LXXVII. E. T., 22 Jahre alt. Normale Kost.	1	8 <sup>h</sup> 20' Nachm.	202	1.031	1.44	2.91	1.25
	2	10 <sup>h</sup> 20' „	140	1.030	1.33	1.86	0.93
	3	9 <sup>h</sup> 30' Vorm.	410	1.035	1.81	7.42	0.66
	4	11 <sup>h</sup> 30' „	123	1.029	1.24	1.53	0.77
	5	1 <sup>h</sup> 35' Nachm.	112	1.032	1.55	1.74	0.84
	6	3 <sup>h</sup> 30' „	96	1.036	1.71	1.64	0.86
	7	6 <sup>h</sup> 00' „	188	1.031	1.35	2.54	1.02
XLIX. T. S., 30 Jahre alt. Hunger.	1	7 <sup>h</sup> Nachm.	160	1.022	1.19	1.90	0.95
	2	9 <sup>h</sup> „	99	1.026	1.72	1.70	0.85
	3	11 <sup>h</sup> „	71	1.027	1.77	1.26	0.63
	4	9 <sup>h</sup> Vorm.	253	1.026	1.88	4.76	0.48
	5	11 <sup>h</sup> „	130	1.022	1.13	1.47	0.74
	6	1 <sup>h</sup> Nachm.	140	1.022	1.03	1.44	0.72
	7	3 <sup>h</sup> „	128	1.018	1.05	1.34	0.67
	8	5 <sup>h</sup> „	83	1.023	1.30	1.08	0.54
XVII. <sup>1</sup> J. E. J., 32 Jahre alt. Hunger.	1	9 <sup>h</sup> Nachm.	114	1.032	1.73	1.97	0.99
	2	11 <sup>h</sup> „	100	1.030	1.58	1.58	0.79
	3	1 <sup>h</sup> Vorm.	85	1.033	1.71	1.45	0.73
	4	3 <sup>h</sup> „	86	1.032	1.78	1.53	0.77
	5	5 <sup>h</sup> 45' „	87	1.029	1.94	1.69	0.61
	6	9 <sup>h</sup> „	120	1.030	1.95	2.34	0.72
	7	11 <sup>h</sup> „	96	—	1.51	1.45	0.73
	8	1 <sup>h</sup> Nachm.	263	1.011	0.60	1.58	0.79
	9	3 <sup>h</sup> „	296	1.011	0.54	1.60	0.80
	10	5 <sup>h</sup> „	221	1.012	0.61	1.35	0.68
	11	7 <sup>h</sup> „	192	1.011	0.65	1.25	0.63

<sup>1</sup> Die Analysen dieses Versuches verdanken wir Herrn Cand. med. E. Landergren.



Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubik- centimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XLV.	1	9 <sup>h</sup> 50' Nachm.	86	1.025	1.21	1.04	0.40
H. R.,	2	2 <sup>h</sup> 45' Vorm.	115	1.025	1.34	1.54	0.31
78 Jahre alt.	3	7 <sup>h</sup> 30' „	130	1.025	1.33	1.73	0.36
Normale Kost.	4	10 <sup>h</sup> 15' „	86	1.022	1.25	1.08	0.39
	5	12 <sup>h</sup> Mittags	67	1.025	1.26	0.84	0.48
	6	3 <sup>h</sup> 20' Nachm.	101	1.025	1.21	1.22	0.37
	7	7 <sup>h</sup> 15' „	133	1.025	1.29	1.72	0.44

Diese Versuche sind in den Figg. 24 bis 29 graphisch dargestellt. Die Columnen geben die N-Ausscheidung pro Stunde an und zwar bedeutet 1 Theilstrich 0.1 % N.

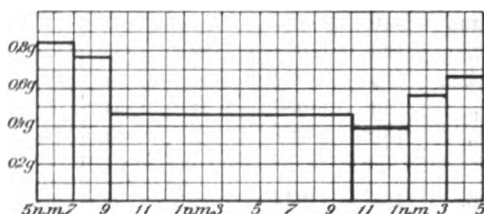


Fig. 24. Vers. XLI.

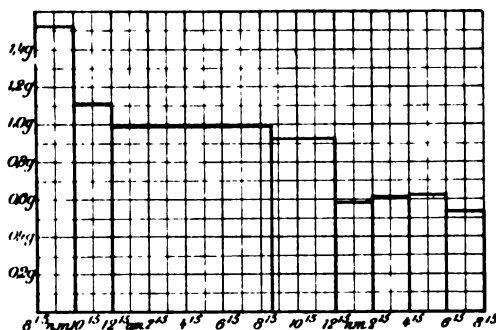


Fig. 25. Vers. XXXI.

Bei den Versuchen XLV. und LXXVII. genossen die Versuchspersonen gewöhnliche Kost; bei den übrigen fasteten sie (im Versuch XLI. genoss jedoch die Versuchsperson um 12 Uhr Mittags Frühstück).

Bei den Hungerversuchen hatten die Versuchspersonen kurz vor dem Beginn des Versuches ihre letzte Mahlzeit genossen.

Ein allen Hungerversuchen gemeinsamer Zug findet sich darin, dass die N-Ausscheidung während der ersten zweistündigen Periode ihr Maximum darbietet.

In Bezug auf den weiteren Verlauf der N-Ausscheidung zeigen die Versuche Differenzen, welche eine besondere Erörterung jedes einzelnen Versuches beanspruchen.

Versuch XXXI. entspricht seinem Verlauf nach am nächsten dem, was man angesichts unserer Kenntnisse von der N-Ausscheidung bei Thieren erwarten könnte. Das Versuchsindividuum hatte vor dem Ver-

Nachm. bis 2 Uhr 15 Min. Nachm. am folgenden Tage bemerken wir hier eine ununterbrochene Abnahme der pro Stunde ausgeschiedenen N-Menge. Zwischen 2 Uhr 15 Min. und 6 Uhr 15 Min. Nachm. erscheint eine, übrigens nur unbedeutende, Steigerung; während der letzten zweistündigen Periode wird aber das Minimum der N-Ausscheidung in diesem Versuche erreicht.

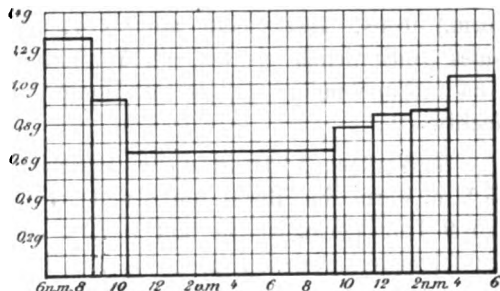


Fig. 26. Vers. LXXVII.

Im grossen Ganzen stimmt der Versuch XLI mit dem eben erörterten Versuch gut überein. Auch hier nimmt die N-Ausscheidung von 5 Uhr Nachm. bis 1 Uhr Nachm. am folgenden Tage ununterbrochen ab. Darnach zeigt sich eine nicht unbedeutende Steigerung während der beiden letzten Perioden des Versuches (1 bis 5 Uhr Nachm.). Diese Steigerung dürfte davon bedingt sein, dass die Versuchsperson um 12 Uhr Mittags auf eigenes Verlangen Frühstück erhielt.

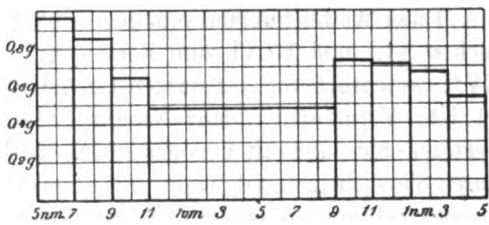


Fig. 27. Vers. XLIX.

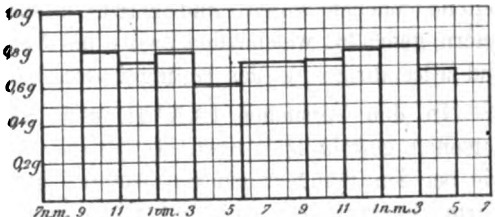


Fig. 28. Vers. XVII.

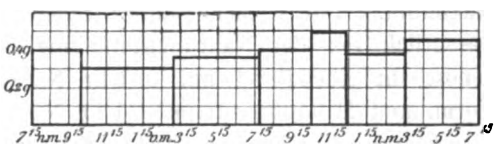


Fig. 29. Vers. XLV.

Diese beiden Versuche zeigen also in einer sehr schönen Weise, wie nahe die N-Ausscheidung von der im Körper befindlichen Menge von Nahrungseiweiss abhängig ist. In den zwei übrigen Hungerversuchen nimmt die N-Ausscheidung von Stunde zu Stunde bis zum folgenden Tag ab und zwar im Ver-

such XLIX von 5 Uhr Nachm. bis 9 Uhr Vorm., im Versuch XVII von 7 Uhr Nachm. bis 5 Uhr 45 Min. Vorm., dann tritt aber eine nicht unbedeutende Steigerung auf. Im Versuch XLIX. ist die stündliche N-Ausscheidung während der Nacht (11 Uhr Nachm. bis 9 Uhr Vorm.) 0.48, steigt dann auf 0.74, um im weiteren Verlauf des Tages continuirlich bis auf ein Minimum (3 bis 5 Uhr Nachm.) von 0.54 abzunehmen. Dieses Minimum liegt jedoch höher als der Nachtwerth.

Im Versuch XVII ist die N-Ausscheidung zwischen 3 und 5 Uhr 45 Min. Vorm. im Mittel pro Stunde 0.61 g. Zwischen 5 Uhr 45 Min. und 9 Uhr Vorm. ist sie auf 0.72 g gestiegen und nimmt während der folgenden Perioden noch bis auf 0.80 g (zwischen 1 und 3 Uhr Nachm.) zu, um darnach zum Minimum von 0.63 g in der letzten Periode ununterbrochen abzunehmen.

Diese Abweichungen von dem einfachen Verlauf, der in den Versuchen XLI. und XXXI. zum Vorschein kommt, scheinen beim Versuch XVII. wesentlich von der starken Diurese während der Perioden zwischen 11 Uhr Vorm. und 5 Uhr Nachm. bedingt zu sein. Welche anderen Factoren hier und im Versuch XLIX. thätig gewesen sind, erlaubt uns unser Versuchsmaterial nicht zu entscheiden. Man könnte natürlich in erster Linie an eine unvollständige Entleerung der Blase denken. Eine solche hätte sich dann aber auch bei den übrigen Versuchen geltend machen sollen, und gerade diese Versuche wurden an Medicinern gemacht, welche den Zweck der Versuche vollständig verstanden und alles ihrige für das Gelingen derselben thaten.

In den Versuchen LXXVII. und XLV. genossen die Versuchspersonen gewöhnliche Kost. In jenem sinkt die N-Ausscheidung ganz wie bei den Hungerversuchen von 6 Uhr Nachm. bis 9 Uhr 30 Min. Vorm., beginnt aber dann zu steigen und erreicht in einer sehr regelmässigen Zunahme während der letzten Periode des Versuches ihr Maximum. Die Ursache dieser Steigerung ist ohne jeden Zweifel wesentlich von der Nahrungsaufnahme bedingt. Die Versuchsperson genoss ihr Abendbrod um 9 Uhr Nachm., Frühstück um 11 Uhr Vorm. und Mittagessen um 4 Uhr Nachm.

Der Versuch XLV ist insofern nicht ganz befriedigend, als die Versuchsperson etwa 50 <sup>ccm</sup> Harn im Abort entleerte. Die N-Bestimmungen im Harn sind also mit einem gewissen Fehler behaftet. Im Allgemeinen bietet die N-Ausscheidung nur kleine Variationen dar und diese stehen mit den Mahlzeiten in einem unverkennbaren Zusammenhang. Zwischen 10 Uhr 15 Min. Vorm. und 12 Uhr Mittags finden

wir eine Steigerung von 0.39 auf 0.48<sup>s</sup> N pro Stunde: die Versuchsperson hatte um 10 Uhr Vorm. ihr Frühstück genossen. Eine letzte Steigerung von 0.37 auf 0.44<sup>s</sup> erscheint während der Periode von 3 Uhr 20 Min. und 7 Uhr 15 Min. Nachm., welche Steigerung unzweifelhaft damit zusammenhängt, dass die Versuchsperson um 3 Uhr 15 Min. Nachm. ihr Mittagsessen bekam.

### § 7. Ueber den Zusammenhang zwischen den täglichen Variationen der Körpertemperatur des Menschen und den täglichen Variationen in der Verbrennung im Körper.

Durch zahlreiche Untersuchungen ist es längst festgestellt, dass die normale Temperatur des menschlichen Körpers regelmässige tägliche Schwankungen darbietet und zwar so, dass sie in der späteren Hälfte der Nacht ihr Minimum und in der späteren Hälfte des Tages gegen Abend ihr Maximum hat.

Da die im Verlaufe des Tages auftretenden Variationen der Verbrennung im Körper unseres Wissens vorher nie in ihren Einzelheiten, so wie es bei unseren Versuchen der Fall gewesen, studirt worden sind, liegt es nahe, zu untersuchen, ob sich zwischen diesen Variationen und den täglichen Variationen der Körpertemperatur eine nähere Uebereinstimmung nachweisen lässt.

Aus leicht erklärlichen Gründen ist es uns nicht möglich gewesen, die Körpertemperatur und ihre Variationen im Verlauf des Tages bei unseren Versuchspersonen direct zu bestimmen. Wir müssen daher als Grundlage unseres Vergleiches diejenigen Werthe legen, welche von anderen mitgetheilt worden sind, und wir wählen hierbei selbstverständlich die von Jürgensen veröffentlichten,<sup>1</sup> weil diese sowohl durch die Anzahl der Bestimmungen und durch die Sorgfalt, mit welcher sie ausgeführt worden sind, alle übrigen weit überragen.

Als Normalcurve der Körpertemperatur eines nicht hungernden Menschen nehmen wir also die auf Grund von Jürgensen's Angaben von Landois mitgetheilten mittleren Werthe.<sup>2</sup>

Als Ausdruck für die Temperaturschwankungen bei einem hungernden Menschen wählen wir das Mittel von Jürgensen's Bestimmungen am Versuchsindividuum Vogel während des ersten Hungertages.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jürgensen, *Die Körperwärme des gesunden Menschen*. Leipzig 1873.

<sup>2</sup> Landois, *Lehrbuch d. Physiol.* 2. Aufl., S. 406. 1881.

<sup>3</sup> Jürgensen, a. a. O., S. XXXIII, Tab. 5; S. XXXIV, Tab. 7.

Diese von uns benutzten Temperaturen sind in der folgenden Tabelle aufgenommen.

Tägliche Variationen der Körpertemperatur des Menschen nach Jürgensen.

Zeit	Temperatur, Normale Kost	Temperatur, Hunger	Zeit	Temperatur, Normale Kost	Temperatur, Hunger
6 bis 7 <sup>h</sup> Nachm.	37.5	37.30	6 bis 7 <sup>h</sup> Vorm.	36.7	36.79
7 „ 8 <sup>h</sup> „	37.5	37.30	7 „ 8 <sup>h</sup> „	36.7	36.88
8 „ 9 <sup>h</sup> „	37.4	37.27	8 „ 9 <sup>h</sup> „	36.8	37.00
9 „ 10 <sup>h</sup> „	37.4	37.17	9 „ 10 <sup>h</sup> „	36.9	36.95
10 „ 11 <sup>h</sup> „	37.3	37.05	10 „ 11 <sup>h</sup> „	37.0	37.02
11 „ 12 <sup>h</sup> „	37.2	36.99	11 „ 12 <sup>h</sup> „	37.2	37.03
12 „ 1 <sup>h</sup> Vorm.	37.1	36.90	12 „ 1 <sup>h</sup> Nachm.	37.3	37.09
1 „ 2 <sup>h</sup> „	37.0	36.74	1 „ 2 <sup>h</sup> „	37.3	37.16
2 „ 3 <sup>h</sup> „	36.9	36.70	2 „ 3 <sup>h</sup> „	37.4	37.11
3 „ 4 <sup>h</sup> „	36.8	36.70	3 „ 4 <sup>h</sup> „	37.4	37.05
4 „ 5 <sup>h</sup> „	36.7	36.70	4 „ 5 <sup>h</sup> „	37.4	37.00
5 „ 6 <sup>h</sup> „	36.7	36.70	5 „ 6 <sup>h</sup> „	37.5	37.00

Betreffend die Behandlung unseres eigenen Materials müssen wir folgendes bemerken.

Bei allen denjenigen Versuchen, wo die N-Ausscheidung für einigermaßen gleich grosse Perioden bestimmt worden ist (Versuch XLI, XXXI, LXXVII, XLIX und XVII) haben wir aus diesen Bestimmungen die N-Ausscheidung pro Stunde berechnet. Nun enthält das Eiweiss auf 1 g N 3.28 g C. Von diesem Kohlenstoff verlassen 0.67 g den Körper mit dem Harn; der Rückstand, 2.61 g, wird mit den gasförmigen Zersetzungsproducten abgegeben. Von der in diesen gefundenen Kohlenstoffmenge müssen wir daher für jedes während der betreffenden Periode im Harn ausgeschiedene Gramm Stickstoff 2.61 g abziehen; in solcher Weise erhalten wir den Kohlenstoff, welcher der im Körper zersetzten N-freien Substanz entstammt.

Wir haben in solcher Weise die folgenden Werthe für die Ausscheidung des Stickstoffs und des aus N-freien Substanzen entstammenden Kohlenstoffs erhalten.

## Die Abgabe von Stickstoff und Kohlenstoff während der verschiedenen Stunden des Tages.

Versuch	Nummer	Zeit	N im Harn pro Stunde; Gramm	C in der ausgeathmeten Luft, Gramm pro Stunde	C aus Eiweiss (= N × 2.61); Gramm	C aus N-freien Substanzen; Gramm pro Stunde
XLI.	1	5 bis 7 <sup>h</sup> Nachm.	0.85	10.6	2.2	8.4
	2	7 „ 9 <sup>h</sup> „	0.77	9.5	2.0	7.5
	3	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.46	10.1	1.2	8.9
	4	11 „ 1 <sup>h</sup> Vorm.	0.46	5.8	1.2	4.6
	5	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.46	6.1	1.2	4.9
	6	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.46	5.4	1.2	4.2
	7	5 „ 7 <sup>h</sup> „	0.46	6.0	1.2	4.8
	8	7 „ 9 <sup>h</sup> „	0.46	6.7	1.2	5.5
	9	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.42	7.7	1.1	6.6
	10	11 „ 1 <sup>h</sup> Nachm.	0.39	9.2	1.0	8.2
	11	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.55	8.9	1.4	7.5
	12	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.66	7.9	1.7	6.2
XXXI.	1	8 <sup>h</sup> 15' bis 10 <sup>h</sup> 15' Nachm.	1.53	12.0	4.0	8.0
	2	10 <sup>h</sup> 15' „ 12 <sup>h</sup> 15' „	1.11	13.0	2.9	10.1
	3	12 <sup>h</sup> 15' „ 2 <sup>h</sup> 15' Vorm.	0.99	8.2	2.6	5.6
	4	2 <sup>h</sup> 15' „ 4 <sup>h</sup> 15' „	0.99	7.2	2.6	4.6
	5	4 <sup>h</sup> 15' „ 6 <sup>h</sup> 15' „	0.99	6.7	2.6	4.1
	6	6 <sup>h</sup> 15' „ 8 <sup>h</sup> 15' „	0.99	7.3	2.6	4.7
	7	8 <sup>h</sup> 15' „ 10 <sup>h</sup> 15' „	0.93	7.7	2.4	5.3
	8	10 <sup>h</sup> 15' „ 12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	0.93	8.7	2.4	6.3
	9	12 <sup>h</sup> 15' „ 2 <sup>h</sup> 15' „	0.58	10.7	1.5	9.2
	10	2 <sup>h</sup> 15' „ 4 <sup>h</sup> 15' „	0.62	9.4	1.6	7.8
	11	4 <sup>h</sup> 15' „ 6 <sup>h</sup> 15' „	0.63	9.2	1.6	7.6
	12	6 <sup>h</sup> 15' „ 8 <sup>h</sup> 15' „	0.55	9.9	1.4	8.5
LXXVII.	1	6 bis 8 <sup>h</sup> Nachm.	1.25	10.4	3.3	7.1
	2	8 „ 10 <sup>h</sup> „	0.93	11.6	2.4	9.2
	3	10 „ 12 <sup>h</sup> „	0.66	8.6	1.7	6.9
	4	12 „ 2 <sup>h</sup> Vorm.	0.66	8.2	1.7	6.5
	5	2 „ 4 <sup>h</sup> „	0.66	7.4	1.7	5.7
	6	4 „ 6 <sup>h</sup> „	0.66	6.8	1.7	5.1
	7	6 „ 8 <sup>h</sup> „	0.66	5.9	1.7	4.2
	8	8 „ 10 <sup>h</sup> „	0.66	9.1	1.7	7.4
	9	10 „ 12 <sup>h</sup> Mittags	0.77	10.1	2.0	8.1
	10	12 „ 2 <sup>h</sup> Nachm.	0.84	8.4	2.2	6.2
	11	2 „ 4 <sup>h</sup> „	0.86	9.4	2.2	7.2
	12	4 „ 6 <sup>h</sup> „	1.02	12.7	2.7	10.0

Versuch	Nummer	Zeit	N im Harn pro Stunde; Gramm	C in der ausgeathmeten Luft; Gramm pro Stunde	C aus Eiweiss (= N x 2.61); Gramm	O aus N-freien Substanzen; Gramm pro Stunde
XLIX.	1	5 bis 7 <sup>h</sup> Nachm.	0.95	7.7	2.5	5.2
	2	7 „ 9 <sup>h</sup> „	0.85	9.9	2.2	7.7
	3	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.68	8.3	1.6	6.7
	4	11 „ 1 <sup>h</sup> Vorm.	0.48	7.7	1.3	6.4
	5	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.48	5.9	1.3	4.6
	6	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.48	5.3	1.3	4.0
	7	5 „ 7 <sup>h</sup> „	0.48	6.1	1.3	4.8
	8	7 „ 9 <sup>h</sup> „	0.48	6.6	1.3	5.3
	9	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.74	8.9	1.9	7.0
	10	11 „ 1 <sup>h</sup> Nachm.	0.72	7.7	1.9	5.8
	11	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.67	6.5	1.7	4.8
	12	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.54	8.0	1.4	6.6
XVII.	1	7 „ 9 <sup>h</sup> Nachm.	0.99	11.8	2.6	9.2
	2	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.79	14.5	2.1	12.4
	3	11 „ 1 <sup>h</sup> Vorm.	0.73	9.2	1.9	7.3
	4	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.77	8.4	2.0	6.4
	5	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.61	7.1	1.6	5.5
	6	5 „ 7 <sup>h</sup> „	0.72	6.1	1.9	4.2
	7	7 „ 9 <sup>h</sup> „	0.72	7.6	1.9	5.7
	8	9 „ 11 <sup>h</sup> „	0.73	9.0	1.9	7.1
	9	11 „ 1 <sup>h</sup> Nachm.	0.79	8.9	2.1	6.8
	10	1 „ 3 <sup>h</sup> „	0.80	9.5	2.1	7.4
	11	3 „ 5 <sup>h</sup> „	0.68	9.0	1.8	7.2
	12	5 „ 7 <sup>h</sup> „	0.63	7.6	1.6	6.0

Aus diesen Zahlen sind die in Figg. 30 bis 34 dargestellten Diagramme construiert. In diesen geben die leeren Felder die Menge des aus N-freien Substanzen entstammenden Kohlenstoffs und die schraffirten Felder die Stickstoffmenge an. Der Massstab ist so gewählt, dass ein Theilstrich 1<sup>er</sup> Kohlenstoff und zwei Theilstriche 1<sup>er</sup> Stickstoff pro Stunde bezeichnet. Wir haben verschiedene Massstäbe für Stickstoff und Kohlenstoff benutzt, um solcher Art in der Summe der leeren und der schraffirten Felder einen approximativen relativen Ausdruck für die Intensität der im Körper stattfindenden Verbrennung zu erhalten. 1<sup>er</sup> N im Harn entspricht nämlich 25.94 WE und 1<sup>er</sup> Kohlenstoff in der ausgeathmeten Luft 9.50 bis 12.31 (im Mittel 10.9) WE.

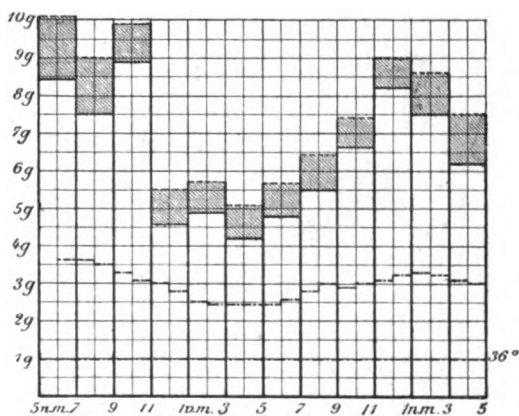
je nachdem der Kohlenstoff aus Fett oder aus Kohlehydraten entstammt. Also wird in unserem Maassstab ein grosser Theilstrich für Kohlenstoff etwa 11 WE und für Stickstoff etwa 13 WE repräsentiren.

In diesen Diagrammen haben wir noch die aus den Versuchen Jürgensen's hergeleitete Temperatureurve des Menschen eingezeichnet.

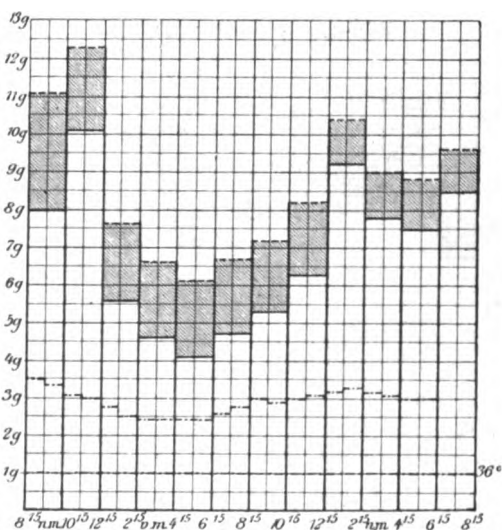
In den Versuchen XLI, XXXI, LXXVII und XLIX. finden wir eine überraschende Uebereinstimmung in dem Verlauf der beiden Curven. Die dort auftretenden Abweichungen sind der Art, dass sie sich durch den Umstand, dass die Temperaturcurve doch nicht an der betreffenden Versuchsperson selbst bestimmt worden ist, befriedigend erklären lassen.

Auch im Versuch XVII. haben die beiden Curven denselben Verlauf; sie sind aber einigermaßen gegen einander verschoben, insofern als das Minimum des Stoffwechsels zu einer Periode erscheint, wo die Temperaturcurve schon die Tendenz hat zu steigen. Diese Verschiebung umfasst jedoch nicht mehr

als etwa eine Stunde und findet ihre natürliche Erklärung darin, dass in diesem Versuche die Versuchsperson während der ersten Hälfte der Nacht mit physiologischen Versuchen eifrig beschäftigt war (vgl. oben S. 135).



**Fig. 30. Versuch XLI.**



**Fig. 31. Versuch XXXI.**



Ein Vergleich der Curven Figg. 30 bis 34, welche den Gesamtstoffwechsel unserer Versuchspersonen während der verschiedenen Stunden des Tages in einem gewissen Grade ausdrücken, mit den

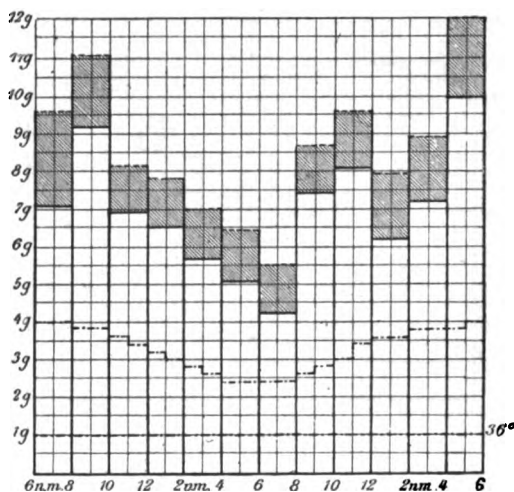


Fig. 32. Versuch LXXVII.

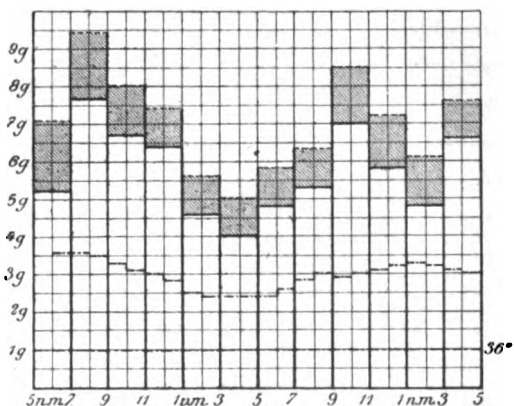


Fig. 33. Versuch XLIX.

Versuch XLII darstellt (Fig. 20), haben wir daher die Jürgensen'sche Temperaturcurve beim Hunger eingezeichnet. Wir finden hier ganz dieselbe Uebereinstimmung zwischen den beiden Curven wie bei den übrigen Hungerversuchen.

In derselben Weise haben wir in Figg. 13, 14, 21 bis 23 nach Jürgensen die Temperaturschwankungen beim nicht hungernden

Curven Figg. 15 bis 19, welche die täglichen Variationen der Kohlensäureabgabe derselben Individuen darstellen, ergibt, dass beide Curven ziemlich parallel verlaufen und vor allem, dass sie nie in entgegengesetzter Richtung gehen. Hieraus folgt, dass die Kohlensäureabgabe einen relativen Ausdruck für die täglichen Variationen der Verbrennung im Körper abgibt.

Auf Grund dessen sind wir berechtigt, mit denjenigen Versuchen, wo wir den Harn in getrennten Portionen nicht gesammelt haben, und an welchen wir also dieselbe Berechnung wie an den eben angeführten Versuchen nicht durchführen können, dieselbe Zusammenstellung mit den täglichen Temperaturvariationen zu machen.

In die Curve, welche die Kohlensäureabgabe im

Menschen copirt. Die Uebereinstimmung ist in den Versuchen XXIX und XXX ganz vollständig; in dem Versuch LXXVI zeigen sich allerdings ein paar Abweichungen (besonders um 6 bis 8 Uhr Vorm.), im grossen Ganzen muss man aber zugeben, dass auch hier die beiden Curven leidlich parallel gehen.

Ganz anders bei den Versuchen XLV und LI. Hier ist es gar nicht möglich, von einem Parallelismus der beiden Curven zu sprechen. Dies dürfte wahrscheinlich davon bedingt sein, dass die betreffenden Versuchspersonen sehr alt (78, bzw. 85 Jahre) waren. Wenn wir nämlich bedenken, wie schwach die periphere Circulation im hohen Greisenalter ist, so ist es gar nicht unmöglich, dass bei sehr alten Individuen die Körpertemperatur in einer anderen Weise als bei jüngeren Menschen variiert. Dass Variationen in Bezug auf die Eiweisszersetzung diese Ausnahme nicht erklären können, geht daraus hervor, dass beim Versuch XLV die N-Ausscheidung im Harn nur geringe Variationen im Verlauf des Tages zeigte.

Wir glauben also berechtigt zu sein, aus diesen Betrachtungen zu folgern, dass die Ursache der täglichen Schwankungen in der Körpertemperatur des ruhenden Menschen wesentlich, und wahrscheinlich vor Allem, von den täglichen Schwankungen in der Intensität des Stoffwechsels bedingt sind.

Andererseits scheint dieses Ergebniss für die allgemeine Gültigkeit der Erfahrungen von Jürgensen über den Gang der täglichen Variationen in der Körpertemperatur des Menschen zu sprechen.

### § 8. Schlussfolgerungen.

Die in diesem Abschnitte zusammengestellten Versuche gestatten also die folgenden Schlussfolgerungen.

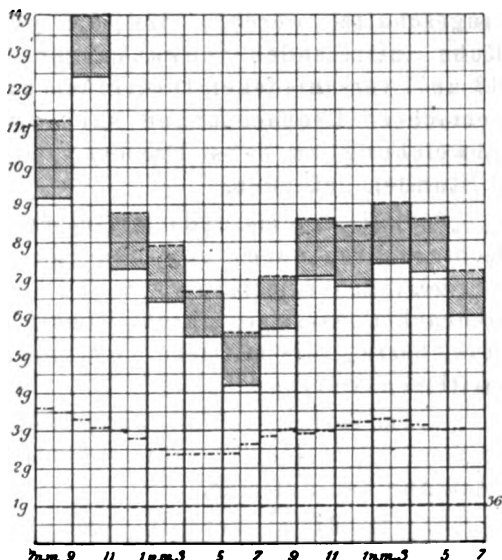


Fig. 34. Versuch XVII.

1. Bei einem ruhig stillsitzenden Menschen bietet die Kohlensäureabgabe in der Regel nur wenig umfangreiche Schwankungen von Stunde zu Stunde dar. Die mittlere Abweichung beträgt nach 44 an 9 verschiedenen Individuen gemachten Beobachtungen 6·19 Procent des mittleren Werthes pro 5 Stunden.

2. Auch wenn zwischen die Ruhestunden Arbeitsstunden eingeschaltet werden, sind die während der körperlichen Ruhe auftretenden Schwankungen nicht viel grösser. Aus 63 an 7 verschiedenen Individuen unter diesen Verhältnissen gemachten Beobachtungen haben wir nämlich die mittlere Abweichung zu 6·84 Procent des mittleren Werthes pro 3 Stunden gefunden.

3. Bei einem und demselben Individuum bietet die Kohlensäureabgabe unter denselben äusseren Verhältnissen nur geringe Variationen von Tag zu Tag dar; auch wenn die Beobachtungszeiten durch Monate von einander getrennt sind, beträgt die mittlere Abweichung nur 9·06 Procent des mittleren Werthes.

4. Im Verlauf von 24 Stunden treten beträchtliche Variationen auf, welche wesentlich vom Schlaf und vom wachen Zustande bedingt sind.

5. Im Mittel verhält sich die Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande wie 100:145. Die Extreme sind 100:169 und 100:132.

6. Im wachen Zustande ist die Abweichung während zweistündiger Perioden im Mittel von 82 Beobachtungen an 11 verschiedenen Individuen 9·32 Procent des Mittels. Der aus einem zweistündigen Versuch erhaltene Werth ist also mit einem Fehler von nur etwa 10 Procent als Ausdruck für die Kohlensäureabgabe beim nicht arbeitenden Menschen im wachen Zustande gültig.

7. Im Schlaf ist die Abweichung während zweistündiger Perioden im Mittel von 42 Beobachtungen an 11 verschiedenen Individuen 6·85 Procent des Mittels, also etwa ein Drittel kleiner als im wachen Zustande.

8. Das Minimum der Kohlensäureabgabe im Schlaf, berechnet pro Quadratmeter Körperoberfläche, ist bei 11 bis 12jährigen Kindern 52 Procent und bei jungen Leuten von 18 bis 20 Jahren 17 Procent grösser als bei Greisen.

der N-Ausscheidung verweisen wir auf das oben (§ 7) Gesagte.

10. Die Ursache der im Verlaufe des Tages erscheinenden Schwankungen in der Körpertemperatur des ruhenden Menschen sind wesentlich, und wahrscheinlich vor Allem, von den täglichen Schwankungen in der Intensität des Stoffwechsels bedingt.

---

## Vierter Abschnitt.

### Ueber die Einwirkung der Muskularbeit auf die Kohlensäureabgabe des Menschen.

#### § 1. Geschichtliche Einleitung.

In seinen im Verein mit Séguin ausgeführten Respirationsversuchen am Menschen fand Lavoisier, dass der Sauerstoffverbrauch beim Hunger durch Muskularbeit von 24.0 bis 26.7 auf 64.5 Liter pro Stunde zunahm. Während der stattfindenden Verdauung betrug der Sauerstoffverbrauch bei Ruhe 37.7 Liter; durch Muskularbeit stieg er auf 91.2 Liter. Die ausgeführte Arbeit bestand darin, dass die Versuchsperson während  $\frac{1}{4}$  Stunde ein Gewicht von 7.343 <sup>kg</sup> zu einer Höhe von 211.146 <sup>m</sup> hob.<sup>1</sup>

Es dauerte lange, bis diese Untersuchungen fortgesetzt wurden. Erst 1859 theilte E. Smith in Zusammenhang mit seinen übrigen Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe des Menschen einige hierher gehörige Bestimmungen mit. Er mass die Expirationsluft mittels einer trockenen Gasuhr und leitete sie dann durch Apparate zur Absorption des in derselben enthaltenen Wassers und der Kohlensäure. Bei Versuchen über die Einwirkung des Gehens auf die Kohlensäureabgabe trug er die Gasuhr auf seinem Rücken und vereinigte die Respirationsmaske mit den Absorptionsapparaten mittels einer aus Glas und Kautschuk zusammengesetzten Röhre, welche ihm gestattete, etwa

---

<sup>1</sup> Lavoisier und Séguin, Premier mémoire sur la respiration. *Mémoires de l'académie des sciences*, année 1789, S. 185. *Oeuvres de Lavoisier*. Bd. II, S. 696. Die Reduction der in Cubikzoll angegebenen Werthe Lavoisier's zu Litern ist von Gavarret (*Physique médicale*, Paris 1855, S. 380) ausgeführt.

11 englische Ellen in jeder Richtung zu gehen. Die Entfernung wurde genau gemessen und der Takt des Ganges so genau wie möglich nach einer Taschenuhr geregelt. Vor dem Anfang des Versuches ging Smith eine Weile in demselben Takt, um den Körper unter volle Einwirkung der gesteigerten Thätigkeit zu bringen.

Bei einer Temperatur von  $24.2^{\circ}$  C. athmete er beim Gehen v. 2 engl. Meilen pro Stunde  $1.173 \text{ g CO}_2$  pro Minute aus, und  $1.674 \text{ g CO}_2$  als er 3 engl. Meilen pro Stunde zurücklegte. Beim Sitzen und Hungern betrug die Kohlensäureabgabe zu derselben Zeit des Tages  $0.482 \text{ g CO}_2$  pro Minute. Im ersten Falle betrug also seine Kohlensäureabgabe etwa  $2\frac{1}{2}$  mal, und in dem zweiten etwa  $3\frac{1}{2}$  mal so viel, als in sitzender Stellung.

Ferner untersuchte Smith die Kohlensäureabgabe bei Arbeit an einem Tretrade. Er machte drei derartige Versuche, bei welchen er während einer Viertelstunde an dem Rad arbeitete und wobei er während 5 bis 6 Min. die Kohlensäureabgabe bestimmte. Diese betrug pro Minute bezw. 2.810, 2.780,  $3.153 \text{ g}$ , also eine sehr beträchtliche Steigerung im Vergleich mit der Kohlensäureabgabe bei Ruhe.<sup>1</sup>

Bei ihren Untersuchungen über den Gesamtstoffwechsel der Menschen beachteten Pettenkofer und Voit auch den Einfluss der körperlichen Arbeit.<sup>2</sup> Ihre Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	CO <sub>2</sub> Gramm			
	bei Tag	bei Nacht	Summe	
A. Versuche beim Hungern.				
1	427	812	739	Ruhe
3	379	316	695	"
4	930	257	1187	Arbeit
B. Versuche bei mittlerer Kost.				
5	533	379	912	Ruhe
6	539	404	943	"
7	527	403	930	"
8	885	400	1285	Arbeit
9	828	306	1134	"

Die bei diesen Versuchen ausgeführte Arbeit bestand im Drehen eines Rades, welches nach der Schätzung der Versuchsperson so stark belastet war, dass der Widerstand demjenigen entsprach, wie er ge-

<sup>1</sup> E. Smith, *Philosophical transactions*. Bd. CXLIX, 2, S. 709—711. 1859.

<sup>2</sup> Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 478 ff. 1866.

wöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, welche durch ein mit der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Die Arbeit dauerte 9 Stunden täglich und die Versuchsperson fühlte sich Abends so ermüdet, wie nach einer anstrengenden Arbeit oder einem längeren Marsche.

Die bei diesen Versuchen erschienene Zunahme der Kohlensäureabgabe beträgt, wenn wir dieselbe nach der Kohlensäureabgabe während der entsprechenden Ruhetage (nicht Nachthälfte) berechnen, beim Hungern  $930 - 403 = 527$  g, bei mittlerer Kost  $857 - 533 = 324$  g. Die Differenz für 24 Stunden ist bezw. 471 und 281 g.<sup>1</sup>

In seinem „Handbuch der Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels“ theilt Voit die Ergebnisse zweier neuer Arbeitsversuche am Menschen kurz mit. Die eine Versuchsperson, ein Mann von 73 kg Körpergewicht, arbeitete 5 Stunden lang; für eine Arbeit von 29529 Kilogrammometer pro Stunde nahm die Fettzersetzung um  $9.1$  g ( $= 25.5$  g  $\text{CO}_2$ ) zu. An einem zweiten, 60 kg schweren Mann erhielt Voit für eine Arbeit von 19036 Kilogrammometer pro Stunde eine Zunahme der Fettzersetzung von  $7.2$  g ( $= 20.2$  g  $\text{CO}_2$ ).<sup>2</sup>

Etwas später, als die ersten Untersuchungen Pettenkofer's und Voit's veröffentlicht wurden, theilte Speck eine Reihe Versuche mit, welche bezweckten, den Zusammenhang zwischen dem respiratorischen Gasaustausch und der körperlichen Arbeit festzustellen.<sup>3</sup>

In der ersten Versuchsreihe (1866) wurden die in ein Tuch gebundenen Gewichte in gleicher Weise in stets gleicher Höhe gehoben und wieder langsam gesenkt. Speck stellt sich vor, dass bei der langsamen Senkung ein gleich grosser Kraftaufwand wie beim Heben stattfindet und berechnet also die ausgeführte mechanische Arbeit gleich dem Gewicht mit der doppelten Hubhöhe multiplicirt. Die Versuchsdauer variierte zwischen 3 Min. 5 Sec. und 6 Min. 57 Sec.

Bei Ruhe betrug die Kohlensäureabgabe Speck's pro Minute  $0.583$  g.<sup>4</sup> Durch die Arbeit nahm sie, je nach der Grösse der Arbeit, bis  $0.912$  und  $2.276$  g zu. Für 1 Kilogrammometer betrug die Zu-

<sup>1</sup> Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 537—540. 1866.

<sup>2</sup> Voit, *Handbuch d. Physiologie.* Bd. VI, 1, S. 202. 1881.

<sup>3</sup> Speck, *Arch. d. Vereins f. gemeins. Arbeit.* Bd. VI. — *Schriften d. Gesellschaft zur Beförderung der ges. Naturwiss. zu Marburg.* Bd. X. 1871. — *Deutsches Arch. f. klin. Medicin.* Bd. XLV. 1889. — *Physiologie des menschl. Athmens.* Leipzig 1892. S. 59 folg.

<sup>4</sup> Hier wie überall in dieser Abhandlung haben wir zum Vergleich mit unseren eigenen Ergebnissen die ausgeschiedenen Kohlensäuremengen in Gramm berechnet.

nahme der Kohlensäureabgabe im Mittel 0.00532<sup>s</sup>. Bei einer geringeren Arbeitsleistung (kleiner als 100 Kilogramm pro Minute) ist die Zunahme etwas grösser (im Mittel 0.00552) als bei einer grösseren (im Mittel 0.00512).

In einer zweiten Versuchsreihe von demselben Jahre untersuchte Speck den Einfluss der von ihm sogenannten statischen Arbeit, d. h. der Anstrengung, welche nöthig ist, um mit frei herabhängenden Armen oder mit dem Rücken Gewichte festzuhalten. Die Versuchsdauer war hier 6 Min. 10 Sec. bis 8 Min. 40 Sec. Hierbei stieg in Folge der körperlichen Anstrengung die Kohlensäureabgabe pro Minute von 0.583 auf 0.630 bis 1.003<sup>s</sup> an.

Fünf Jahre später führte Speck neue Versuche in derselben Richtung aus. Hierbei hob er mit dem Arme Gewichte, welche dann von einem Assistenten empfangen und zu Boden gesetzt wurden. Die Versuchsdauer betrug 3 Min. 20 Sec. bis 4 Min. 45 Sec. Die Kohlensäureabgabe betrug in der Ruhe 0.499 bis 0.528<sup>s</sup> pro Minute und wurde durch die Arbeit auf 0.997 bis 1.537<sup>s</sup> gesteigert. Pro Kilogramm Muskelarbeit betrug die Steigerung im Mittel von 4 Versuchen 0.00719<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>. In derselben Reihe wurde das Gewicht an einer Rolle gehoben und langsam gesenkt. Dabei wurde Heben und Senken wieder als doppelte Arbeit gerechnet, und die Steigerung der Kohlensäureabgabe für 1 Kilogramm zu 0.00394 bis 0.00493<sup>s</sup> gefunden.

Im Jahre 1885 machte Speck noch eine Versuchsreihe über die Steigerung der Kohlensäureabgabe bei Arbeit mit dem Arm. Dabei wurde im Sitzen mit dem linken Arm eine eiserne Welle gedreht, deren Reibung durch Anziehen einer Schraube verändert werden konnte. Die durch Gewichte bestimmte Grösse des Widerstandes war das gehobene Gewicht, und der Weg, den der Handgriff der Kurbel zurücklegte, die Hubhöhe. Die Ergebnisse dieses Versuches sind folgende.

Reihe *d*. Kohlensäureabgabe bei Ruhe pro Minute 0.430<sup>s</sup>, bei Arbeit 0.788 bis 1.566<sup>s</sup>. Zunahme für 1 Kilogramm Arbeit im Mittel 0.00473<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>. Versuchsdauer 3 Min. 2 Sec. bis 5 Min. 50 Sec.

Reihe *e*. Kohlensäureabgabe bei Ruhe pro Minute 0.422<sup>s</sup>, bei Arbeit 0.855 bis 2.106<sup>s</sup>. Zunahme pro Kilogramm Arbeit im Mittel 0.00709<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>. Versuchsdauer 2 Min. 17 Sec. bis 5 Min. 28 Sec.

Die Versuche sind in der Weise ausgeführt, dass jeder Versuch der Reihe *d* mit einem Versuch der Reihe *e* unmittelbar fortgesetzt wurde. Hierdurch konnte Speck näher verfolgen, wie sich die Kohlensäureabgabe im Verlaufe der Arbeit verändert.

Wenn man in der Reihe *d* die Versuche nach der Grösse der geleisteten Arbeit eintheilt, so findet man, dass die Kohlensäureabgabe bei einer Arbeit von 55 bis 140 Kilogrammometer mit im Mittel 0.00552 \* und bei einer Arbeit von 225 bis 281 Kilogrammometer mit im Mittel 0.00493 \* pro Kilogrammometer zunimmt.

Im weiteren Verlauf des Versuches ist die Zunahme für 1 Kilogrammometer Arbeit beträchtlich grösser. Werden diese Versuche in derselben Weise wie eben vorher nach der Arbeitsgrösse geordnet, so erhalten wir pro Kilogrammometer bei leichterer Arbeit eine Zunahme von im Mittel 0.00768 \* und bei schwererer Arbeit eine Zunahme von im Mittel 0.00668 \* CO<sub>2</sub>.

Ferner untersuchte Speck, wie sich der respiratorische Gasaustausch nach beendigter Arbeit gestaltet. Betreffs der Kohlensäureabgabe fand er, dass dieselbe eine gewisse Zeit nach der Arbeit gesteigert ist. Die hierbei hervortretende Steigerung ist so beträchtlich, dass dieselbe bei der Berechnung des Einflusses der Muskularbeit auf die Kohlensäureabgabe nothwendig berücksichtigt werden muss. Wir finden z. B. bei zwei Versuchen, wo die Zunahme sowohl während als nach der Arbeit bestimmt wurde, die folgenden Werthe:

#### Zunahme der CO<sub>2</sub>-Abgabe pro Minute.

a) Während der Arbeit.

b) Nach der Arbeit.

- |                                             |                                          |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1) 1.063 (Versuchsdauer 3 Min. 24 Sec.)     | 0.225 (Versuchsdauer 7 Min. 10 Sec.)     |
| 2) 0.964 (        „        3   „   25   „ ) | 1.135 (        „        2   „   14   „ ) |

Wegen dieser Umstände ist es selbstverständlich, dass die während der Arbeit selbst erhaltenen Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammometer sämmtlich zu niedrig sind. Speck hat daher versucht, aus den zuletzt angeführten Versuchen, unter Bezugnahme auf die Kohlensäureabgabe während der nach der Arbeit folgenden Ruheperiode, die 1 Kilogrammometer nützliche Arbeit entsprechende Zunahme der Kohlensäureabgabe zu berechnen und erhält dann statt 0.00453 \* 0.00571 \* CO<sub>2</sub>. Die Differenz beträgt mehr als 20 Procent.

Hanriot und Richet<sup>1</sup> machten Versuche über den respiratorischen Gasaustausch, wenn die Versuchsperson entweder mit Raddrehen oder Heben von Gewichten beschäftigt war. Im letzteren Falle hob die Versuchsperson 5232 mal ein 18<sup>kg</sup> schweres Gewicht einen halben Meter

<sup>1</sup> Hanriot und Richet, *Comptes rend. de l'acad. des sciences*. Bd. CV, S. 76 folg. 1887.



hoch und lies es dann wieder fallen. Ein Hub entspräche dann 9·5 Kilogrammmer Arbeit. Ferner liessen die Autoren solche Hübe, aber ohne ein Gewicht zu heben, machen. Der Ueberschuss der Kohlensäureabgabe über die Ruhe betrug bei der Leistung eines Hubes von 9·5 Kilogrammmer Arbeit 0·0971% und bei der Leistung eines leeren Hubes 0·0183%. Darnach blieb für 9·5 Kilogrammmer Arbeit eine Kohlensäureabgabe von 0·0788%, d. h. für 1 Kilogrammmer 0·00829%.

In einer langen Versuchsreihe behandelte Katzenstein in Zuntz' Laboratorium und mit dessen Methoden die vorliegende Aufgabe.<sup>1</sup> Er untersuchte den respiratorischen Gasaustausch bei Arbeit mit den oberen und mit den unteren Extremitäten. In Bezug auf die ersteren benutzte er als Arbeitswerkzeug den Ergostat Gärtner's. Die Arbeit der unteren Extremitäten war theils Gehen auf (fast) horizontalem Boden, theils Steigung bergauf, wozu ein besonderer von Zuntz construirter Apparat benutzt wurde.

Bei den Versuchen am Ergostat wurde zuerst der Gasaustausch in Ruhe bestimmt; dabei lag die Versuchsperson so still wie möglich auf einem Sopha. Die Arbeit fing sogleich nach dem Ende dieser Bestimmung an. Das Versuchsindividuum bekam einen kleinen Papp-tornister auf den Rücken geschnallt, dessen Gewicht höchstens 200% betrug und der ausserordentlich bequem sass. In diesem befanden sich die Ventile, und die Verbindung derselben mit dem Mundstück war durch eine passend gebogene Combination von Glas und Kautschuk derart hergestellt, dass keine Zerrungen beim Beugen und Strecken des Rumpfes erfolgen konnten. Dann wurde das Versuchsindividuum angewiesen, den Ergostaten gleichmässig zu drehen. Schon nach den ersten Drehungen stieg die Athemgrösse schnell an; dessen ungeachtet wartete man noch einige Minuten, bevor die Probenahme erfolgte; dadurch sollte es unnöthig werden, den in der Nachwirkungsperiode noch erhöhten Gaswechsel bei Berechnung des Stoffverbrauches bei der Arbeit zu berücksichtigen. Die Probenahme dauerte 2 bis 6 Minuten lang. Während der Zeit (anfangs 5, später 1 bis 2 Min.), welche hierauf nöthig war, um eine neue Probenahme vorzubereiten, setzte das Versuchsindividuum die Drehungen in gleichem Tempo fort, eine zweite Probe wurde genommen, u. s. w.

Ganz analog wurden die Gehversuche angestellt. Nur wurde hier meistens auf eine Aufnahme des Ruhewerthes verzichtet, und wenn dieser genommen wurde, so geschah es, während das Versuchsindividuum möglichst bequem auf der Tretmaschine stand. Meist begann

<sup>1</sup> Katzenstein, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XLIX, S. 330—381. 1891.

der Versuch mit Gehen auf horizontalem Boden. Nachdem das Gehen 3 bis 5 Minuten gedauert hatte, begann die Probenahme, welche 4 bis 6 Minuten dauerte. Während der Zeit von 1 bis 2 Minuten, welche hierauf nöthig war, um eine neue Probenahme vorzubereiten, dauerte das Gehen im selben Tempo fort. Dann wurde die Maschine stille gestellt und während die Versuchsperson in bequemer Stellung ruhte, wurde eine zweite Luftprobe zur Analyse aufgesammelt: dieselbe ergab die Nachwirkung der Arbeit auf den Gaswechsel.

Auf 1<sup>tes</sup> Körpergewicht und pro Minute betrug die Zunahme der Kohlensäureabgabe in den Versuchen mit dem Ergostaten bei leichter Arbeit im Mittel von 9 an 5 verschiedenen Individuen ausgeführten Versuchen 0.0185<sup>s</sup>, und bei starker Arbeit im Mittel von 16 an denselben 5 Individuen gemachten Versuchen 0.0318<sup>s</sup>. Im ersten Falle betrug die Arbeit pro Kilogramm Körpergewicht und 1 Minute 3.115 Kilogrammometer, in dem zweiten 7.487 Kilogrammometer. Im ersten Falle wurde das Rad 31.04, im zweiten 26.44 mal in der Minute umgedreht.

Setzen wir nun, mit Katzenstein, die Menge Kohlensäure, die bei jeder widerstandslosen Umdrehung des Rades pro Kilogramm Körpergewicht abgegeben wird, gleich  $x$ , und diejenige Kohlensäuremenge, die für 1 Kilogrammometer Arbeit am gebremsten Rade abgegeben wird, gleich  $y$ , so erhalten wir

$$31.04x + 3.115y = 0.0185$$

$$26.44x + 7.487y = 0.0310$$

$$x = 0.00028^s \text{ CO}_2$$

$$y = 0.00317^s \text{ CO}_2.^1$$

Zum Vergleich mit den Ergebnissen Speck's hat Katzenstein seine Versuche auch ohne Berücksichtigung der Kohlensäureabgabe für die widerstandslose Umdrehung berechnet und dabei die folgenden Werthe pro Kilogrammometer Arbeit erhalten.

1) Schwache Dreharbeit von 2.64 Kilogrammometer pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 7 Versuchen: 0.00599<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>.

2) Mittlere Dreharbeit von 5.04 Kilogrammometer pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 7 Versuchen: 0.00473<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>.

3) Starke Dreharbeit von 9.82 Kilogrammometer pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 9 Versuchen: 0.00398<sup>s</sup> CO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> Katzenstein hat a. a. O. S. 360 den Sauerstoffverbrauch und nicht die Kohlensäureabgabe berechnet. Zum Vergleich mit unseren eigenen Werthen haben wir nach seinen Zahlen die letztere berechnet.

Bei Katzenstein's Versuchen war die Nachwirkung nach der Arbeit im Vergleich mit derjenigen in Speck's Versuchen ziemlich gering. Die Zunahme des Sauerstoffverbrauches während der Periode der Nachwirkung beträgt nämlich bei schwacher Arbeit 4.3 Procent, bei mittlerer Arbeit 12.7 Procent und bei starker Arbeit 17.43 Procent der während der Arbeit selbst erscheinenden Zunahme des Sauerstoffverbrauches, und etwa dieselben Werthe gelten auch für die Kohlensäureabgabe.

Katzenstein's Untersuchungen über die Geharbeit haben Folgendes ergeben.

Die Ruhewerthe beim Stehen sind, wie zu erwarten, etwas höher als beim Liegen. Die Steigerung des Sauerstoffverbrauches betrug in einer Reihe 22 Procent, in einer anderen 12 Procent und andere Versuche ergaben eine noch geringere Differenz, nämlich nur 1.2 Procent. In diesen schwankenden Werthen liegt, wie Katzenstein richtig bemerkt, nichts Auffallendes; es ist klar, dass der Stoffwechsel um so höher steigt, je „strammer“ die Versuchsperson steht, während beim ganz bequemen Stehen die Ruhe im Stehen fast ohne Muskelthätigkeit erfolgen kann.

Bei fast horizontalem Gang betrug bei einer Arbeit von 32.27 Kilogrammometer und einem Weg von 74.48<sup>m</sup> pro Minute die Zunahme der Kohlensäureabgabe 0.792<sup>g</sup>, und beim Gehen bergauf bei einer Arbeit von 403.72 Kilogrammometer und einem Weg von 67.42<sup>m</sup> 1.557<sup>g</sup>.

In derselben Weise wie eben vorher berechnet sich diejenige Kohlensäuremenge, welche abgegeben wird, um den Körper (Gewicht 55.53<sup>kg</sup>) um 1<sup>m</sup> in horizontaler Richtung fortzubewegen, gleich  $x$ , und diejenige Kohlensäuremenge, welche für die Hebung des Körpers pro Kilogrammometer abgegeben wird, gleich  $y$ . Wir erhalten dann

$$74.48x + 32.27y = 0.792$$

$$67.42x + 403.72y = 1.557$$

$$x = 0.00966^g \text{ CO}_2,$$

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1<sup>m</sup>:

$$0.000174^g \text{ CO}_2$$

$$y = 0.00224^g \text{ CO}_2.$$

Für drei andere Versuchsindividuen erhalten wir in derselben Weise

$$1) x = 0.01440^g \text{ CO}_2,$$

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1<sup>m</sup>:

$$0.000262^g \text{ CO}_2$$

$$y = 0.00194^g \text{ CO}_2.$$

$$2) x = 0.01375^s \text{ CO}_2,$$

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m:

$$0.000183^s \text{ CO}_2,$$

$$y = 0.00223^s \text{ CO}_2.$$

$$3) x = 0.00902^s \text{ CO}_2,$$

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m:

$$0.000157^s \text{ CO}_2,$$

$$y = 0.00243^s \text{ CO}_2.$$

Was die Nachwirkung betrifft, fand Katzenstein, dass bei fast horizontalem Gang der nach dem Ende der Arbeit erscheinende gesteigerte Sauerstoffverbrauch bei langsamem Gehen bei 4 Versuchspersonen zwischen 3.5 und 11.42 Procent, und bei schnellerem Gehen bei 3 Versuchspersonen zwischen 8.6 und 16.0 Procent von der während der Arbeit selbst hervortretenden Steigerung des Sauerstoffverbrauches betrug.

Beim Gehen bergauf betrug die nach dem Ende der Arbeit hervortretende Steigerung des Sauerstoffverbrauches 6.3 bis 13.2 Procent der während der Arbeit selbst hervortretenden Steigerung.

Während eines sechstägigen Hungerversuches an Breithaupt machten Zuntz und Curt Lehmann einige Arbeitsversuche mit dem Ergostaten Gärtner's. Die Versuche fanden nach der oben angegebenen Methode statt. Die Probenahme dauerte  $2\frac{3}{4}$  bis 5 Minuten lang. Die Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Arbeit ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.<sup>1</sup>

Tag	Zunahme der Kohlensäure- ausscheidung; Gramm		
	pro Kilo- grammometer	pro Umdrehung	
Vor dem Hungern . . . .	0.00387	0.05544	
Erster Hungertag . . . .	0.00528	0.07473	Mittel aus 2 Beobacht.
Zweiter „ . . . .	0.00415	0.06124	„
Fünfter „ . . . .	0.00452	0.06450	„
Sechster „ . . . .	0.00479	0.06824	
Erster Tag nach dem Hungern	0.00432	0.05710	Mittel aus 2 Beobacht.
Zweiter „ „ „	0.00300	0.03731	„
Dritter „ „ „	0.00596	0.07494	„

<sup>1</sup> Lehmann und Zuntz, *Arch. f. pathol. Anat.* Bd. CXXXI. Suppl., S. 92 folg. 1893.

Die pro Minute ausgeführte Arbeit variierte zwischen 266 und 300 Kilogrammometer. Bei allen Versuchen arbeitete Breithaupt am Apparate einige Minuten vor dem Beginn der Probenahme, damit die Nachwirkung der vorangegangenen Arbeitsminuten sich zu dem Gaswechsel zur Probenahme benutzten Minuten addiren sollte und denselben annähernd um den Werth erhöhte, welcher der Nachwirkung dieser Arbeit entsprach.

In Bezug auf die Nachwirkung geben Zuntz und Lehmann an, dass dieselbe bei normaler Ernährung schon nach 7 Minuten vollständig vorübergegangen ist, dass sie aber während der späteren Hungertage beträchtlich länger dauert, so dass z. B. der Sauerstoffverbrauch am sechsten Hungertage  $13\frac{1}{2}$  Minuten nach Schluss der Arbeit noch um 31 Procent des Ruhewerthes gesteigert war.

Aus der Tabelle geht ferner hervor, dass die Kohlensäureabgabe für dieselbe Arbeit beim Hungern grösser ist, als bei normaler Ernährung. Jedoch ist am dritten Tage nach dem Hungern die Steigerung der Kohlensäureabgabe durch die Arbeit grösser, als jeder der früheren Werthe.<sup>1</sup>

## § 2. Eigene Versuche über die Kohlensäureabgabe bei der Muskelarbeit.

Unsere eigenen Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe bei der Muskelarbeit beziehen sich theils auf den horizontalen Gang und auf Klettern an einer Leiter — also eine hauptsächlich mit den unteren Extremitäten ausgeführte Arbeit — theils auf Arbeit am Ergostator Gärtner's oder an Fick's Dynamometer, d. h. eine Arbeit mit den oberen Extremitäten und dem Rücken.

Alle Versuche geschahen nach dem folgenden Schema.

Nachdem wir zuerst an unseren Versuchspersonen Versuche über die stündlichen Variationen der Kohlensäureabgabe bei möglichst vollständiger körperlicher Ruhe ausgeführt und dabei uns davon überzeugt hatten, dass während der Dauer von 5 Stunden nur verhältnissmässig geringe Variationen von Stunde zu Stunde vorkommen,<sup>2</sup> schritten wir zu den eigentlichen Versuchen über die Muskelarbeit.

Diese wurden etwa zu derselben Zeit des Tages (Vormittags) wie die Ruheversuche ausgeführt; die Versuchsperson hatte zu gewohnter

<sup>1</sup> Lehmann und Zuntz, a. a. O., S. 184—204.

<sup>2</sup> Vgl. oben, Abschnitt III, S. 114.

Zeit ihr Frühstück genossen und man konnte daher ziemlich überzeugt davon sein, dass ihre Kohlensäureabgabe, wenn nicht die Muskelarbeit stattgefunden hätte, im grossen Ganzen denselben Verlauf wie im Ruheversuch gezeigt hätte.

Bei den Arbeitsversuchen sass die Versuchsperson die erste Stunde ganz still. Bei den Gehversuchen wurde die zweite Stunde zum Gehen benutzt. Dabei wurden die Schritte vom Versuchsindividuum selbst gezählt, nachdem es sich gezeigt hatte, dass ein Schrittzähler, den wir zu unserer Verfügung hatten, keine zuverlässigen Resultate gab. Nach dem Gehen sass das Versuchsindividuum wieder eine Stunde (die dritte Stunde) still. Darauf kletterte das Versuchsindividuum während der vierten Stunde an einer hohen Leiter, die in der Respirationsskammer stand. Das Versuchsindividuum zählte hierbei selbst die Zahl der Stufen, welche es während des Versuches erkletterte. Die Leiter hatte 12 Stufen. Die verticale Entfernung von der obersten Stufe bis zu dem Boden betrug  $2.62^m$ . Die verticale Höhe jeder Stufe war also  $0.218^m$ . Die Leiter war ziemlich steil: ihre Neigung gegen den Boden betrug etwa  $64^\circ$ . Während der fünften Stunde des Versuches sass die Versuchsperson wieder ganz still.

Bei den Versuchen am Ergostaten sass die Versuchsperson wie in den Gehversuchen während der 1., 3. und 5. Stunde ganz still, und arbeitete die 2. und 4. Stunde am Ergostaten.

Durch die Einschaltung der Arbeitsperioden zwischen je zwei gleich lange Ruheperioden erhielten wir bei jedem Arbeitsversuche für die stündliche Kohlensäureabgabe bei Ruhe 3 Werthe, zwischen welche die Bestimmungen der Kohlensäureabgabe während der Arbeit fielen. Durch einen Vergleich des Verlaufes der Kohlensäureabgabe während der drei Ruhestunden mit demjenigen, welchen die Kohlensäureabgabe bei den reinen Ruheversuchen zeigte, konnte man auch einen Ausdruck für die Grösse der Nachwirkung nach der Arbeit erhalten.

Bei unseren Versuchen hatten die Versuchsindividuen Gelegenheit, sich vollständig frei zu bewegen und die Arbeit brauchte nicht, wie bei den meisten früheren Versuchen, auf einige wenige Minuten beschränkt zu werden, sondern konnte eine ganze Stunde dauern.

## A. Arbeitsversuche mit den unteren Extremitäten.

## Versuch XLIV. 13. Februar 1894.

F. A. W., Fabrikarbeiter, geb. 19. Juli 1861 (siehe Versuch XLIII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch  $62.62 \text{ kg}$ , nach dem Versuch  $61.90 \text{ kg}$ . Die 2. Stunde ging F. A. W. 5508 Schritte im Zimmer, die 4. Stunde kletterte er 126 mal die ganze Leiter hinauf und herab. Die dabei ausgeführte Arbeit (ohne das Herabsteigen) betrug  $126 \times 2.62 \times 62.26 = 20558 \text{ Kilogrammmer}$ .  
1., 3. und 5. Stunde Ruhe.  $A = 100.4$ .

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitendruck in der Respirationsskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		289.7	292.8	3.4	0.520 0.516	0.516			735
	3.20						8.0	29	
11 <sup>h</sup> 15' "		289.7	292.2	5.3	0.680 0.672	0.671			736
	3.31						18.4	67	
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		289.7	292.1	5.9	1.036 1.040	1.030			737
	3.34						5.8	21	
1 <sup>h</sup> 15' "		289.7	292.0	6.1	1.128 1.136	1.123			739
	3.35						35.8	131	
2 <sup>h</sup> 15' "		289.7	292.0	7.7	1.828 1.840	1.815			740
	3.34						8.2	30	
3 <sup>h</sup> 15' "		289.7	291.5	8.1	1.952 1.952	1.931			741

## Versuch XLVI. 17. Februar 1894.

F. A. W., Fabrikarbeiter (s. Versuch XLIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch  $62.85 \text{ kg}$ , nach dem Versuch  $62.30 \text{ kg}$ . Die 2. Stunde ging F. A. W. 5182 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 101 mal die ganze Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit (ohne das Herabsteigen) betrug  $101 \times 2.62 \times 62.58 = 16560 \text{ Kilogrammmer}$ . Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe.  
 $A = 100.4$ .

11 <sup>h</sup> Vorm.		289.8	292.9	4.2	0.504 0.600	0.501			767
	3.39						5.3	19	
12 <sup>h</sup> Mittags		289.8	292.6	5.0	0.604 0.920	0.598			767
	3.50						16.5	60	
1 <sup>h</sup> Nachm.		289.8	292.0	5.7	0.908 1.012	0.907			767
	3.47						5.9	22	
2 <sup>h</sup> "		289.9	291.2	6.0	1.008 1.480	1.002			767
	3.46						25.5	93	
3 <sup>h</sup> "		289.9	290.8	7.0	1.488 1.572	1.470			767
	3.48						6.6	24	
4 <sup>h</sup> "		289.9	290.3	6.8	1.558	1.558			767

## Versuch XXXIV. 18. Januar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener (s. Vers. XXXII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·20 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77·73 <sup>kg</sup>. Die 2. Stunde ging G. J. im Zimmer; die Anzahl der Schritte kann nicht angegeben werden, weil der Schrittzähler keine zuverlässigen Angaben machte. Die 4. Stunde kletterte G. J. 118 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die geleistete mechanische Arbeit betrug  $118 \times 7 \times 0.218 \times 77.97 = 14040$  Kilogrammometer. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
11 <sup>h</sup> Vorm.		290.2	293.3	6.9	0.500 I. 0.500 II.	0.495			748
	4.62						9.7	36	
12 <sup>h</sup> Mittags		290.2	293.4	6.9	0.688 I. 0.684 II.	0.680			748
	4.61						13.3	49	
1 <sup>h</sup> Nachm.		290.2	293.3	6.9	0.932 I. 0.940 II.	0.927			748
	4.66						9.2	34	
2 <sup>h</sup> „		290.2	293.4	7.0	1.092 I. 1.092 II.	1.082			748
	4.63						25.4	93	
3 <sup>h</sup> „		290.2	293.6	8.4	1.576 I. 1.564 II.	1.552			748
	4.72						9.0	33	
4 <sup>h</sup> „		290.2	293.4	8.6	1.700 I. 1.688 II.	1.674			748

## Versuch XXXVII. 30. Januar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener (s. Vers. XXXIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·00 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77·53 <sup>kg</sup>. Die 2. Stunde ging G. J. im Zimmer; die Zahl der Schritte kann wegen desselben Uebelstandes wie im Versuch XXXIV nicht angegeben werden. Die 4. Stunde kletterte er 103 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug  $103 \times 7 \times 0.218 \times 77.77 = 12225$  Kilogrammometer. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

11 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290·1	290·6	5·5	0·488 I. 0·492 II.	0·486			752
	5·26						9·1	33	
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290·1	291·2	5·9	0·676 I. 0·656 a. 0·644 b.	0·654			752
	5·42						14·9	55	
1 <sup>h</sup> 15' „		290·1	291·4	6·2	0·936 I. 0·934 II.	0·927			752
	5·37						8·8	32	
2 <sup>h</sup> 15' „		290·1	291·5	6·5	1·076 I. 1·076 II.	1·067			752
	5·41						22·4	82	
3 <sup>h</sup> 15' „		290·1	291·6	7·3	1·480 I. 1·480 II.	1·466			752
	5·40						9·4	35	
4 <sup>h</sup> 15' „		290·1	291·7	7·5	1·608 I. 1·604 II.	1·590			752



## Versuch XXXVIII. 1. Februar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener (s. Versuch XXXIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78.25 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77.70 <sup>kg</sup>. Die 2. Stunde ging G. J. 4321 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 114 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug  $114 \times 7 \times 0.218 \times 77.98 = 13566$  Kilogrammometer. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
	cbm	in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	correctirt	C	CO <sub>2</sub>	
11 <sup>h</sup> Vorm.	5.27	289.7	292.8	6.0	0.468 I. 0.456 II.	0.458	11.3	41	745
12 <sup>h</sup> Mittags	5.34	289.7	292.9	6.3	0.684 I. 0.676 II.	0.674	17.6	64	745
1 <sup>h</sup> Nachm.	5.30	289.7	292.9	6.9	1.004 I. 1.020 II.	1.003	9.8	36	745
2 <sup>h</sup> „	5.30	289.7	292.7	7.0	1.176 I. 1.168 II.	1.161	23.5	86	745
3 <sup>h</sup> „	5.40	289.8	292.6	8.0	1.600 I. 1.600 II.	1.583	8.7	32	745
4 <sup>h</sup> „		289.8	292.3	8.2	1.700 I. 1.716 II.	1.688			745

## Versuch XLVIII. 20. Februar 1894.

L. B., Bäcker (s. Versuch XLVII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 70.34 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 69.70 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss L. B. 40 <sup>g</sup> Wasser. Die 2. Stunde ging L. B. 5428 Schritte; die 4. Stunde kletterte er 170 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug  $170 \times 7 \times 0.218 \times 70.02 = 18165$  Kilogrammometer. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100.4.

10 <sup>h</sup> Vorm.		289.3	293.0	5.0	0.460 0.452	0.453			767
	3.27						7.8	29	
11 <sup>h</sup> „		289.3	292.9	5.6	0.612 0.596	0.600			767
	3.36						20.6	75	
12 <sup>h</sup> Mittags		289.3	292.6	6.4	0.996 1.000	0.990			767
	3.37						8.1	30	
1 <sup>h</sup> Nachm.		289.3	292.2	6.6	1.128 1.140	1.124			767
	3.35						31.2	115	
2 <sup>h</sup> „		289.3	292.0	8.2	1.716 1.724	1.702			767
	3.32						8.8	32	
3 <sup>h</sup> „		289.3	291.6	8.2	1.848 1.844	1.826			767

Versuch L. 26. Februar 1894.

L. B., Bäcker (s. Versuch XLVII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 69·85 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 69·00 <sup>kg</sup>. Die 2. Stunde ging L. B. 5920 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 185 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug  $185 \times 7 \times 0.218 \times 69.43 = 19601$  Kilogramm-meter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
	cbm	in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
11 <sup>h</sup> Vorm.		290.0	294.1	5.6	0.484 0.476	0.476			738
	3.30						10.1	37	
12 <sup>h</sup> Mittags		290.0	294.1	6.5	0.680 0.684	0.676			738
	3.21						15.8	58	
1 <sup>h</sup> Nachm.		290.0	294.0	7.7	1.000 0.992	0.986			738
	3.27						13.8	51	
2 <sup>h</sup> „		290.0	293.8	7.9	1.256 1.260	1.245			738
	3.28						32.0	118	
3 <sup>h</sup> „		290.0	293.7	9.5	1.888 1.888	1.864			738
	3.34						8.2	30	
4 <sup>h</sup> „		290.0	293.6	9.7	2.008 2.004	1.980			738

Versuch XL. 3. Februar 1894.

F., Studirender (s. Versuch XXXIX). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 68·77 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 68·07 <sup>kg</sup>. Die 2. Stunde ging F. 3000 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 1450 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug  $1450 \times 0.218 \times 68.42 = 21627$  Kilogramm-meter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

11 <sup>h</sup> 15' Vorm.		290·2	294·0	6·1	0·448 0·444	0·442			743
	4·93						9·9	36	
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		290·2	293·9	6·4	0·640 0·640	0·634			743
	4·98						13·6	50	
1 <sup>h</sup> 15' „		290·2	293·4	7·0	0·904 0·892	0·890			743
	4·89						10·1	37	
2 <sup>h</sup> 15' „		290·2	293·1	7·1	1·076 1·076	1·065			743
	5·00						32·0	118	
3 <sup>h</sup> 15' „		290·2	293·1	9·0	1·692 1·680	1·666			743
	5·06						10·3	38	
4 <sup>h</sup> 15' „		290·2	292·9	9·4	1·832 1·824	1·805			743

12\*

Während der Ruhestunden, zwischen welchen die Arbeitsstunden eingeschaltet sind, bietet die Kohlensäureabgabe nur unerheblich grössere Variationen als bei den reinen Ruheversuchen dar. Wir können hieraus schliessen, dass die Nachwirkung einer Muskelarbeit von 1 Stunde Dauer so gering sei, dass sie sich während der folgenden Stunde nicht merkbar geltend macht.

Unter unseren Versuchen findet sich jedoch einer, der von dieser Regel eine Ausnahme bildet, nämlich Versuch L. In diesem steigt die Kohlensäureabgabe während der zweiten Versuchsstunde von 37 auf 58 %, ist aber während der dritten Stunde (Ruhe) 51 %. Wovon diese alleinstehende Nachwirkung bedingt ist, können wir nicht sagen. Sie erscheint nicht nach dem Klettern während der vierten Stunde desselben Versuches, auch nicht im Versuch XLVIII, welcher an derselben Versuchsperson ausgeführt ist.

Um einen Ausdruck dafür zu gewinnen, in welchem Umfang die Kohlensäureabgabe durch die Muskelarbeit gesteigert wird, haben wir, in Betracht der geringen oder gänzlich fehlenden Nachwirkung, welche während der Ruhestunden nachgewiesen werden konnte, als Ruhewerth der Kohlensäureabgabe das Mittel der drei Ruhestunden genommen und diesen mittleren Werth von den in den Arbeitsstunden gefundenen Werthen der Kohlensäureabgabe abgezogen. Im Versuch L, wo während der dritten Versuchsstunde eine starke Nachwirkung hervortrat, haben wir als Ausdruck der Kohlensäureabgabe in Ruhe das Mittel der ersten und der letzten Stunde genommen, und, um die ganze Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche dem Gehen während der zweiten Versuchsstunde entspricht, zu finden, zu der während dieser Stunde hervortretenden Zunahme die während der dritten erscheinende addirt.

In dieser Weise haben wir die folgenden Ergebnisse erhalten:

Versuch	Kohlensäure pro Stunde; Gramm		
	Ruhe	Zunahme beim Gehen	Zunahme beim Klettern
XLIV. F. A. W.	27	40	104
XLVI. "	22	39	72
XXXIV. G. J.	34	15	59
XXXVII. "	33	21	53
XXXVIII. "	36	28	50
XLVIII. L. B.	30	45	84
L. "	34	41	84
XL. F.	37	13	80

Durch das Gehen hat also die stündliche Kohlensäureabgabe bei den verschiedenen Versuchen um 13 bis 45<sup>g</sup>, und durch das Klettern um 50 bis 104<sup>g</sup> zugenommen. Die grossen Differenzen der Zunahme sind, wie gleich nachgewiesen werden soll, in erster Linie von der verschieden grossen Arbeit bedingt, welche bei den verschiedenen Versuchen ausgeführt wurde.

Wir werden die Frage von der Quelle der Muskelkraft nicht hier näher erörtern, können jedoch nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, wie die grosse Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche bei einer eine Stunde lang ziemlich ununterbrochen stattfindenden Arbeit hervortritt, für die Richtigkeit der Anschauung, welche in der Verbrennung stickstofffreier Nahrungsstoffe die Quelle der Muskularbeit sieht, kräftig spricht.

Denn wenn die Muskularbeit, wie es von einigen Forschern noch angenommen wird, auf Kosten des Eiweisses stattfände, so würde diese starke Kohlensäureabgabe eine Eiweisszersetzung von einem ausserordentlich grossen Umfange voraussetzen, wie aus der folgenden kleinen Rechnung hervorgeht.

Das Eiweiss enthält auf 1<sup>g</sup> N 3.28<sup>g</sup> C; im Harn findet sich für 1<sup>g</sup> N 0.67<sup>g</sup> C. Also muss für jedes Gramm N, welches im Harn abgegeben wird,  $3.28 - 0.67 = 2.61$  <sup>g</sup> C durch die Lungen abgegeben werden. Das heisst, wenn man annimmt, dass die Muskularbeit auf Kosten des Eiweisses stattfindet, würde man die N-Menge dieses Eiweisses durch Division der durch die Lungen abgegebenen C-Menge mit 2.61 erhalten.

Was ergibt nun eine solche Berechnung?

Im Versuch XLIV betrug die durch Klettern bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe 104<sup>g</sup>, entsprechend  $28.4$  <sup>g</sup> C =  $10.9$  <sup>g</sup> N = 68.1<sup>g</sup> Eiweiss.

Wenn also die in diesem Versuch hervortretende, durch Muskularbeit bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Verbrennung des Eiweisses entstanden wäre, so hätte die Eiweisszersetzung während dieser Arbeitsstunde um 68.1<sup>g</sup> zunehmen müssen.

Dies ist aber unmöglich.

Gegen unsere Ueberlegung konnte geltend gemacht werden, dass bei der Arbeit zweierlei Processe in den Muskeln stattfinden, nämlich erstens die mechanische Leistung und zweitens die Wärmebildung, und dass jene auf Kosten des Eiweisses, diese auf Kosten der Stickstofffreien Nahrungsstoffe geschehe. Diese Einwendung scheint uns jedoch

nicht berechtigt zu sein, bis man nachgewiesen hat, dass die beiden betreffenden Prozesse im Muskel vollständig unabhängig von einander verlaufen. So lange dies nicht geschehen ist, dürfen wir wohl annehmen, dass Wärmebildung und mechanische Arbeit zwei neben einander verlaufende Erscheinungen der Muskelthätigkeit sind, und wir können vor allem nicht den Satz willkürlich aufstellen, dass der Muskel durch Zersetzung der Eiweissstoffe mechanische Arbeit leistet, und durch Verbrennung der stickstofffreien Nahrungsstoffe Wärme erzeugt.

Man könnte noch fragen, warum wir bei diesen Versuchen nur die Kohlensäureabgabe und nicht auch die durch die Nieren ausgeschiedene Stickstoffmenge bestimmt haben. Wir haben dies unterlassen, weil eine derartige Bestimmung für die Frage von der Quelle der Muskelkraft vollständig belanglos gewesen wäre. Denn auch wenn wir während der Versuchsdauer und mehrere Stunden nachher den Harn gesammelt hätten, so hätte man ja gegen die Ergebnisse die oft wiederholte Bemerkung machen können, dass der aus dem bei der Arbeit zersetzten Eiweiss entstammende Stickstoff nicht am Arbeitstage, sondern am folgenden Tage oder noch später vom Körper ausgeschieden sei.

Aus unseren Versuchen haben wir die Steigerung der Kohlensäureabgabe für jeden Schritt beim horizontalen Gang und für jede Arbeitseinheit (Kilogramm-meter) beim Klettern berechnet.

Die Gehversuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Versuch	Zahl der Schritte	CO <sub>2</sub> -Zunahme; Gramm	CO <sub>2</sub> -Zunahme pro Schritt; Gramm	CO <sub>2</sub> -Zunahme pro Schritt und Kilogramm; Gramm
XLIV. F. A. W.	5508	40	0.00735	0.000118
XLVI. "	5182	39	0.00743	0.000118
XXXIV. G. J.	?	15	?	?
XXXVII. "	?	21	?	?
XXXVIII. "	4321	28	0.00649	0.000083
XLVIII. L. B.	5428	45	0.00836	0.000119
L. "	5920	41	0.00700	0.000101
XL. F.	3000	13	0.00424	0.000071

Durch diese Tabelle werden die beträchtlichen Differenzen hinsichtlich der durch das Gehen hervorgerufenen Zunahme der Kohlensäureabgabe erklärt: die Zahl der Schritte ebenso wie das Körpergewicht der Versuchspersonen hat innerhalb weiter Grenzen variiert. Wird die

Kohlensäurezunahme pro Schritt und Kilogramm Körpergewicht berechnet, so stellen sich die Variationen viel geringer dar, nämlich zwischen 0.000071 und 0.000119 g CO<sub>2</sub>.

Das Mittel pro Schritt und Kilogramm Körpergewicht ist

$$0.000102 \text{ g CO}_2.$$

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergibt die folgenden Fehlergrenzen:

Mittel . . . . .	=	0.000102 g CO <sub>2</sub>
Mittlerer Fehler . . . . .	=	± 0.000021 g „
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung . . . . .	=	± 0.000014 g „
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . . . .	=	± 0.000006 g „

Für die Arbeit, welche nöthig ist, um beim Gehen 1 kg des Körpers einen Schritt in horizontaler Richtung fortzubewegen, beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$0.000102 \pm 0.000006 \text{ g.}$$

Der wahrscheinliche Fehler ist 5.88 Procent des Mittels.

Die Schrittlänge unserer Versuchsperson war

bei F. A. W.	0.680 m <sup>1</sup>
„ G. J.	0.714 m
„ L. B.	0.688 m
„ F.	0.640 m

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1 kg des Körpergewichtes um 1 m beträgt also

bei F. A. W. . . . .	0.000118 : 0.680 = 0.000174 g CO <sub>2</sub>
„ G. J. (Versuch XXXVIII)	0.000083 : 0.714 = 0.000116 g „
„ L. B. (Versuch XLVIII)	0.000119 : 0.688 = 0.000173 g „
„ „ (Versuch L) . . .	0.000101 : 0.688 = 0.000147 g „
„ F. . . . .	0.000071 : 0.640 = 0.000111 g „

Das Mittel dieser Versuche ist

$$0.000149 \text{ g CO}_2$$

---

<sup>1</sup> Nicht direct gemessen, sondern als Mittel der Werthe für die drei anderen Versuchspersonen berechnet.

mit einem mittleren Fehler . . . . .	= $\pm 0.000030$
„ einem wahrscheinlichen Fehler der einzelnen Beobachtung . . . . .	= $\pm 0.000020$
„ einem wahrscheinlichen Fehler des Mittels . . . . .	= $\pm 0.000008$

Wir haben schon im ersten Paragraph aus den Versuchen Katzenstein's die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1 <sup>kg</sup> des Körpergewichtes um 1 <sup>m</sup> berechnet. Für vier Versuchspersonen sind diese Werthe:

0.000174 $\text{g CO}_2$
0.000262 „
0.000183 „
0.000157 „

Unser Mittelwerth ist also etwas niedriger als der kleinste Werth Katzenstein's. Sein Mittel ist 0.000194  $\text{g CO}_2$ .

Die Ursache, warum unsere Werthe im Allgemeinen kleiner als diejenigen von Katzenstein sind, dürfte wesentlich darin zu suchen sein, dass unsere Versuchspersonen sich vollständig frei und unbehindert bewegten. Doch dürfen wir nicht die bedeutende Differenz vergessen, die entstehen muss, je nachdem hauptsächlich Fett oder hauptsächlich Kohlehydrate bei der Muskelarbeit verbrennen. Im ersten Falle muss natürlich die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die Arbeitseinheit (hier die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 <sup>m</sup>) viel weniger als im zweiten zunehmen.

Aus diesem Gesichtspunkte möchten auch die in unseren Versuchen auftretenden individuellen Variationen theilweise ihre Erklärung finden. Hierzu kommt aber noch ein Umstand, dessen Bedeutung Katzenstein hervorgehoben hat, nämlich die verschieden grosse Muskelanstrengung, welche verschiedene Individuen beim Gehen leisten, indem einige dabei eine Menge unnütze begleitende Bewegungen ausführen, welche andere vermeiden.

Uebrigens sind die individuellen Variationen in Katzenstein's Versuchen etwas grösser als in den unsrigen. Bei Katzenstein verhält sich das Minimum der Kohlensäureabgabe pro Arbeitseinheit zum Maximum wie 100:167, bei unseren Versuchen wie 100:157.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse unserer Versuche beim Klettern.

Versuch	Arbeit; Kilogramm-meter	CO <sub>2</sub> -Zunahme; Gramm	CO <sub>2</sub> -Zunahme pro Kilogramm-meter Gramm
XLIV. F. A. W.	20553	104	0.00508
XLVI. „	16560	72	0.00432
XXXIV. G. J.	14040	59	0.00421
XXXVII. „	12225	53	0.00433
XXXVIII. „	13566	50	0.00368
XLVIII. L. B.	18165	84	0.00465
L. „	19601	84	0.00428
XL. F.	21627	80	0.00372

Mittel . . . . . = 0.00428

Mittlerer Fehler . . . . . =  $\pm 0.00046$

Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung =  $\pm 0.00031$

Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . . . . =  $\pm 0.00011$

Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogramm-meter beim Klettern beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$0.00428 \pm 0.00011 \text{ } ^\circ \text{ CO}_2.$$

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels ist hier nur 2.55 Procent des Mittelwerthes und also nicht unbedeutend kleiner als der wahrscheinliche Fehler bei den Gehversuchen am horizontalen Boden.

Auch in dieser Beziehung stimmen unsere Versuche mit denjenigen von Katzenstein überein, denn auch bei diesen variirt die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm-meter Steigarbeit bei verschiedenen Individuen weniger, als die Kohlensäurezunahme pro Arbeitseinheit beim horizontalen Gehen. Katzenstein erklärt, wie es uns scheint, ganz richtig, dieses Verhalten in der Weise, dass beim Gange bergauf die grössere Anforderung zu einer ökonomischeren Verwerthung der Kräfte führt.<sup>1</sup>

Das Minimum der Kohlensäurezunahme pro Kilogramm-meter verhält sich in unseren Versuchen zum Maximum wie 100:138, in denjenigen Katzenstein's wie 100:125. Bei Katzenstein sind also die Variationen etwas kleiner als bei uns.

Dagegen findet sich hinsichtlich der absoluten Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogramm-meter zwischen Katzenstein's und unseren Versuchen eine sehr erhebliche Differenz. Diese

<sup>1</sup> Katzenstein, a. a. O., S. 368.



Zunahme ist bei Katzenstein im Mittel 0.00221, bei uns 0.00428 \*  $\text{CO}_2$ , also fast doppelt so gross.

Diese Differenz liegt aber in der Natur der Sache. Wie aus § 1 hervorgeht, beziehen sich die Werthe Katzenstein's ausschliesslich auf die zur Hebung des Körpers beim Gehen bergauf verwendete Arbeit. Wir haben freilich unsere Bestimmungen in derselben Weise berechnet, bis jetzt aber nur diejenige Arbeit berücksichtigt, welche als äussere nützliche Arbeit hervortrat, d. h. zum Erheben des Körpers diente. Bei unseren Versuchen kommt aber noch die Arbeit hinzu, welche beim Herabsteigen geleistet wurde und in den Versuchen Katzenstein's seiner Versuchsanordnung gemäss nicht vorkam, sowie die Arbeit, welche die bei jedem Schritt stattfindenden Oscillationen des Schwerpunktes beanspruchen.

Da nun besonders das Herabsteigen jedenfalls einen gewissen Kraftaufwand erfordert, muss also der von uns berechnete Werth der einem Kilogrammmer Arbeit entsprechenden Kohlensäurezunahme jedenfalls zu gross sein.

In Kilogrammmetern einen exacten Ausdruck für die beim Herabsteigen geleistete Arbeit zu finden, ist nicht möglich. Da aber, wie oben erwähnt, die zum Klettern benutzte Leiter sehr steil war, ist es vollkommen sicher, dass die Arbeit beim Herabsteigen ein sehr beträchtlicher Bruchtheil der beim Heraufsteigen selbst ausgeführten sein muss. Stellen wir uns vor, dass das Herabsteigen äusserst langsam stattfand, so dass durch Muskelanstrengung der Einwirkung der Schwere auf den Körper ein vollkommenes Gleichgewicht gehalten wurde, so hätte das Herabsteigen etwa dieselbe Arbeitsleistung als das Heraufsteigen beansprucht.

Nun können wir zwar nicht beweisen oder bestimmt behaupten, dass dies in unseren Versuchen der Fall gewesen; jedenfalls erhalten wir einen richtigeren Werth, wenn wir diese Annahme machen, als wenn wir nur die zum Erheben des Körpers nothwendige Arbeit berücksichtigen. Pro Kilogrammmer würde die Kohlensäureabgabe also im Mittel um 0.00214 \* zunehmen.

Zwischen diesen Werthen 0.00428 und 0.00214 \*  $\text{CO}_2$  liegt die wirkliche Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche in unseren Versuchen der von den Muskeln thatsächlich ausgeführten Arbeit entspricht — wenn wir die zur Oscillationen des Schwerpunktes des Körpers erforderliche Arbeit nicht berücksichtigen.

Wenn wir annehmen, dass die Zunahme der Kohlensäureabgabe bei der Arbeit durch Verbrennung von Kohlehydraten entstanden ist, so entspricht 1 \* Kohlenstoff (= 3.667 \* Kohlensäure) in der expirirten

Luft 9.50 grossen Wärmeeinheiten (WE). Wenn die gesammte potentielle Energie der Kohlehydrate zu mechanischer Arbeit verwandelt werden würde, so würde die Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmer Arbeit 0.0009081<sup>5</sup> betragen. Die bei unseren Versuchen gefundenen Grenzwerte sind 0.00428 und 0.00214<sup>5</sup> CO<sub>2</sub>. Im besten Falle würden also von der ganzen potentiellen Energie der verbrannten Kohlehydrate 42.4 Procent als mechanische Arbeit erscheinen.

Da wir jedoch in diesen Versuchen die von den Muskeln thatsächlich ausgeführte mechanische Arbeit nicht haben ermitteln können, stellten wir eine neue Versuchsreihe an, in welcher wir den Ergostaten Gärtner's als Arbeitswerkzeug benutzten.

## B. Arbeitsversuche mit den oberen Extremitäten.

### I. Versuche mit dem Gärtner'schen Ergostaten.

Der Gärtner'sche Ergostat besteht, wie bekannt, aus einem eisernen Rad, welches mittels einer Kurbel gedreht wird. Das Rad wird durch eine dasselbe umgebende Reihe von Holzklötzen gebremst und die Grösse des Widerstandes dadurch verändert, dass die Holzklötze mittels eines an einem Hebel angebrachten Laufgewichtes mehr oder weniger stark gegen das Rad gedrückt werden. Vor dem Beginn des Versuches müssen die Holzklötze mit Oel geschmiert werden, weil sonst die Reibung viel zu gross wird. Der Apparat trägt eine empirische Graduierung, welche in Kilogrammmetern die Arbeit angiebt, welche eine Umdrehung des Rades bei verschiedener Grösse des Widerstandes repräsentirt.

Diese Graduierung war, bei dem von uns benutzten Exemplare wenigstens, lange nicht richtig, denn die von uns selbst gemachte Graduierung gab uns ganz andere Werthe. Diese Graduierung wurde in der folgenden Weise ausgeführt.

An der Axe des Rades brachten wir eine Kurbel an, die sich ganz leicht um dieselbe bewegte, und verbanden diese Kurbel mittels einer Federwaage mit der an der Axe festgeschraubten zum Apparat gehörigen Kurbel. Wenn bei einer gewissen Belastung ein Zug an der beweglichen Kurbel ausgeübt wurde, so gab die Federwaage an, wie gross die thatsächliche Spannung im Systeme war.

Es stellte sich nun heraus — wie man dies von vornherein erwarten konnte — dass die Spannung beim Drehen sehr verschieden war, je nachdem mehr oder weniger Oel zum Schmieren der Holzklötze benutzt wurde, und dass sie im Verlauf des Drehens ununterbrochen zunahm in dem Maass, als das Oel allmählich verbraucht wurde.

Bei unseren Versuchen war der Radius des Kurbelarmes 0.380<sup>m</sup> lang, und also der Weg einer Umdrehung  $2 \times 3.14 \times 0.380 = 2.386$  — das Laufgewicht stand bei schwerer Belastung auf dem Punkte 20, bei schwacher auf dem Punkte 5 der Scala. Bei unserer Graduierung des Apparates erhielten wir nun die folgenden Werthe, wenn der Apparat vor dem Versuche geschmiert worden war:

## Laufgewicht auf 20.

Umdrehung	Widerstand; Kilogramm	Arbeit pro Umdrehung; Kilogrammmeter
1—34	4.763	11.36
35—110	5.196	12.40
111—660	5.629	13.43
661—711	5.846	13.95
712—1712	6.062	14.46

## Laufgewicht auf 5.

Umdrehung	Widerstand; Kilogramm	Arbeit pro Umdrehung; Kilogrammmeter
1—335	1.50	3.58
336—660	1.75	4.18
661—785	2.00	4.77
786—1360	2.25	5.37
1361—1510	2.50	5.97

Der Widerstand und die mechanische Arbeit steigen also im Verlauf eines Versuches sehr beträchtlich an. Da nun weiter der Widerstand von der zum Schmieren verwendeten Oelmenge in einem sehr hohen Grade abhängig ist, so folgt daraus, dass den mit diesem Apparat erhaltenen Werthen keine grössere Zuverlässigkeit zugesprochen werden kann.

Wir theilen jedoch, unter aller Reservation, die von uns mit diesem Apparat ausgeführten Versuche hier mit, da sie für die Frage von dem Einfluss der Muskelarbeit auf den Stoffverbrauch von einem gewissen, wenn auch verhältnissmässig geringen Interesse sind.

## Versuch LIV. 21. September 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77.5 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 76.85 <sup>kg</sup>. G. J. arbeitete die 2. Stunde an Gärtner's Ergostaten, fast unbelastet, und drehte das Rad 2446 mal. Die 4. Stunde war der Ergostat belastet; Zahl der Umdrehungen: 1671. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. Die 1., 3. und 5. Stunde wurde still-sitzend zugebracht. A = 100.4.

Zeit	Durch die Gasahrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationsskammer		beobachtet	correct	O	CO <sub>2</sub>	
11 <sup>h</sup> 12' Vorm.		290.4	291.8	6.6	0.528 0.512	0.516			763
	6.58						10.5	39	
12 <sup>h</sup> 12' Nachm.		290.4	291.8	7.0	0.716 0.708	0.706			763
	6.52						23.1	85	
1 <sup>h</sup> 12' "		290.4	292.1	7.8	1.128 1.144	1.124			763
	6.54						9.1	38	
2 <sup>h</sup> 12' "		290.5	292.1	7.9	1.264 1.256	1.247			763
	6.62						34.8	128	
3 <sup>h</sup> 12' "		290.5	292.5	9.4	1.876 1.880	1.855			763
	6.82						9.5	35	
4 <sup>h</sup> 12' "		290.6	292.4	9.4	1.960	1.936			763

## Versuch LV. 25. September 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 76.88 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 76.32 <sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten, schwer belastet, 1600 Drehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten, leicht belastet, 1802 Drehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100.4.

10 <sup>h</sup> 10' Vorm.		289.7	289.0	6.4	0.480 0.448	0.460			763
	6.61						9.7	35	
11 <sup>h</sup> 10' "		289.7	289.4	6.7	0.636 0.644	0.634			761
	6.67						36.1	132	
12 <sup>h</sup> 10' Nachm.		289.7	290.2	8.0	1.316 1.308	1.298			761
	6.71						9.1	34	
1 <sup>h</sup> 10' "		289.7	290.2	8.2	1.416 1.432	1.409			762
	6.83						24.5	90	
2 <sup>h</sup> 10' "		289.7	290.6	8.7	1.828 1.820	1.803			762
	6.85						9.0	33	
3 <sup>h</sup> 10' "		289.7	290.6	8.9	1.896 1.904	1.878			762

## Versuch LVI. 26. September 1894.

L. B., Bäcker, geb. 16. Mai 1868. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 66.4 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 66.3 <sup>kg</sup>. Genoss während des Versuches 395 <sup>g</sup> Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten bei leichter Belastung, 1760 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten bei schwerer Belastung, 1151 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
11 <sup>h</sup> 30' Vorm.		289.6	289.9	8.5 <sup>1</sup>	0.840	0.830			760
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.	6.82	289.6	290.0	8.5 <sup>1</sup>	0.924	0.914	6.1	22	760
	6.82				0.924		24.5	90	
1 <sup>h</sup> 30' "		289.6	290.5	8.5 <sup>1</sup>	1.360	1.343			760
	6.81				1.356		7.5	28	
2 <sup>h</sup> 30' "		289.6	290.5	8.5 <sup>1</sup>	1.436	1.420			760
	6.86				1.436		25.2	93	
3 <sup>h</sup> 30' "		289.6	290.6	8.5 <sup>1</sup>	1.852	1.839			760
	6.91				1.868		9.4	35	
4 <sup>h</sup> 30' "		289.6	290.6	8.5 <sup>1</sup>	1.940	1.918			760

## Versuch LVII. 27. September 1894.

L. B., Bäcker. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 68.22 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 67.90 <sup>kg</sup>. Genoss während des Versuches 325 <sup>g</sup> Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 1673 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1793 Umdrehungen.

Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100.4.

10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		289.5	287.9	6.3	0.400	0.397			755
11 <sup>h</sup> 16' "	6.76				0.400		10.2	37	
		289.5	288.3	7.2	0.592	0.587			755
12 <sup>h</sup> 16' Nachm.	6.60				0.592		37.3	137	
		289.5	288.8	8.6	1.308	1.283			755
1 <sup>h</sup> 16' "	6.70				1.288		8.7	32	
		289.5	288.8	8.7	1.300	1.388			755
2 <sup>h</sup> 16' "	6.70				1.408		20.3	75	
		289.5	288.8	8.9	1.724	1.708			755
3 <sup>h</sup> 16' "	6.70				1.732		8.6	32	
		289.5	288.8	8.9	1.800	1.777			755
					1.796				

<sup>1</sup> Der Feuchtigkeitsdruck wurde bei diesem Versuch nicht beobachtet, sondern ist hier nur geschätzt.

## Versuch LVIII. 29. September 1894.

E. T., Stud. med., geb. 25. Juli 1873. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77·30 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 76·97 <sup>kg</sup>. Genoss während des Versuches 140<sup>g</sup> Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten, leicht belastet, 1615 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten, schwer belastet, 1200 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in sitzender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
10 <sup>h</sup> 35' Vorm.		289·8	290·4	8·0	0·472 0·476	0·469			767
	6·82						9·3	34	
11 <sup>h</sup> 35' "		289·8	290·6	8·3	0·640 0·644	0·635			767
	7·04						26·4	97	
12 <sup>h</sup> 35' Nachm.		289·8	291·2	8·9	1·128 1·124	1·113			766
	7·07						8·3	30	
1 <sup>h</sup> 35' "		289·9	291·3	9·1	1·236 1·224	1·215			766
	7·10						28·4	103	
2 <sup>h</sup> 35' "		289·9	291·6	9·9	1·720 1·712	1·694			766
	7·12						8·7	32	
3 <sup>h</sup> 35' "		289·9	291·6	10·1	1·796 1·780	1·765			766

## Versuch LIX. 2. October 1894.

O. O. Ä., Stud. med., 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 72·00 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 71·55 <sup>kg</sup>. Genoss während des Versuches 405<sup>g</sup> Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 2000 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1500 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt.

A = 100·4.

10 <sup>h</sup> 18' Vorm.	—	—	—	—	— <sup>1</sup>	—	—	—	—
	—								
11 <sup>h</sup> 20' "		290·9	290·7	7·8	0·636 0·636	0·630			772
	6·84						46·0	169	
12 <sup>h</sup> 20' Nachm.		290·9	291·5	9·7	1·504 1·488	1·477			772
	6·90						8·9	33	
1 <sup>h</sup> 20' "		290·9	291·7	10·2	1·592 1·588	1·569			772
	6·98						21·1	77	
2 <sup>h</sup> 20' "		290·9	291·7	10·9	1·912 1·912	1·885			770
	6·94						8·3	30	
3 <sup>h</sup> 20' "		290·9	291·7	10·9	1·964 1·968	1·938			770

<sup>1</sup> Die Analyse der Luft um 10<sup>h</sup> 18' Vorm. ist misslungen.

## Versuch LX. 3. October 1894.

C. W. E., Stud. med., 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 73·10 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 72·87 <sup>kg</sup>. Genoss während des Versuches 110 <sup>l</sup> Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1917 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 1173 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
10 <sup>h</sup> 30' Vorm.	6.65	290.9	290.1	8.2	0.396 0.400	0.394	10.3	38	760
11 <sup>h</sup> 30' „	6.63	290.9	290.6	8.7	0.592 0.592	0.585	29.0	106	760
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.	6.73	290.9	291.0	8.3	1.132 1.136	1.122	8.2	30	760
1 <sup>h</sup> 30' „	6.87	290.9	291.1	9.9	1.248 1.244	1.228	29.9	110	760
2 <sup>h</sup> 30' „	6.85	290.9	291.4	10.9	1.764 1.768	1.741	10.9	40	760
3 <sup>h</sup> 30' „		290.9	291.4	11.0	1.880	1.853			760

In den vorstehenden Versuchsprotocollen haben wir nur die Zahl der Umdrehungen und ob schwere oder leichte Belastung angegeben. In der folgenden Tabelle haben wir unter Anwendung unserer Graduierung des Apparates (vgl. S. 188) die entsprechenden Arbeitswerthe approximativ berechnet, sowie auch die Zunahme der Kohlensäureabgabe während der Arbeitsstunden aufgenommen. Diese Zunahme ist in derselben Weise wie bei Gehversuchen berechnet, indem wir von der bei einer Arbeitsstunde gefundenen Kohlensäureabgabe das Mittel für die Ruhestunden in demselben Versuch abgezogen haben.

Versuch	Zahl der Umdrehungen	Belastung	Arbeit Kilogramm-meter	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm
LIV. G. J.	2446 1671	schwach stark	? <sup>1</sup> 22101	49·0 92·0
LV. "	1600 1802	stark schwach	22239 9260	98·4 55·7
LVI. L. B.	1760 1151	schwach stark	9009 15746	61·7 64·7
LVII. "	1673 1793	stark schwach	23294 9206	103·3 41·0
LVIII. E. T.	1615 1200	schwach stark	8144 16455	64·6 70·9
LIX. O. O. Ä.	2000 1500	stark schwach	28023 7457	187·1 45·8
LX. C. W. E.	1917 1173	schwach stark	9946 15774	70·3 73·9

Wenn wir diese Zahlen in derselben Weise wie Katzenstein berechnen (vgl. S. 171), so erhalten wir die folgenden Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe für eine Umdrehung und für 1 Kilogramm-meter Arbeit.

Versuch	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm	
	für 1 Umdrehung	für 1 Kilogramm-meter Arbeit
LV. <sup>2</sup> G. J.	0·01298	0·003489
LVI. L. B.	0·02244	0·002469
LVII. "	0·00010	0·004425
LVIII. E. T.	0·02892	0·002201
LIX. O. O. Ä.	0·00964	0·004204
LX. C. W. E.	0·02045	0·003126

Als Mittelwerthe finden wir

für 1 Umdrehung . . . . . 0·01576 \* CO<sub>2</sub>  
für 1 Kilogramm-meter Arbeit . . 0·003319 \* CO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> Bei dieser Arbeitsstunde war das Laufgewicht vom Hebel des Ergostaten ganz entfernt; für diese Lage des Laufgewichtes haben wir keine Graduierung des Apparates ausgeführt.

<sup>2</sup> Der Versuch LIV kann hier nicht aufgenommen werden, weil die Arbeitsgrösse bei schwacher Belastung nicht bestimmt worden ist.



Katzenstein's Werthe sind: für eine widerstandslose Umdrehung pro Kilogramm Körpergewicht eine Zunahme der Kohlensäureabgabe von 0.00028 (pro 70 <sup>kg</sup> = 0.0196 <sup>g</sup>), und für 1 Kilogramm Arbeit eine von 0.00317 <sup>g</sup>. Letzterer Werth ist mit unserem Werth fast identisch. Da wir jedoch kein grosses Zutrauen zu den absoluten Arbeitsbestimmungen mittels des Ergostaten haben, wollen wir auf diese Bestimmungen nicht weiter eingehen.

## II. Versuche mit einem Dynamometer nach Fick.

Da die Versuche mit dem Gärtner'schen Ergostaten also gescheitert waren, machten wir neue Versuche mit einem von Fick vorgeschlagenen Dynamometer.<sup>1</sup> Um den Kranz des Rades im Ergostaten wurde ein Gurt geschnallt. In eine Oese am frei herabhängenden Ende des Gurtes wurde eine starke Spiralfeder eingehängt, deren anderes Ende mittels eines Hakens am Sockel der Maschine befestigt war.

Es ist nicht möglich, dieses Rad mit einer solchen Gleichmässigkeit zu drehen, dass die Spannung immer gleich gross wäre. Im Gegentheil zeigt sie bei jeder Umdrehung gar nicht unbeträchtliche Variationen. Wir registrierten dieselben am Ludwig'schen Kymographion bei langsamem Gang mittels eines an der Feder befestigten festen Schreibhebels und ermittelten die mittlere Spannung durch planimetrische Messung der Curve. Fig. 35 stellt einen Theil einer

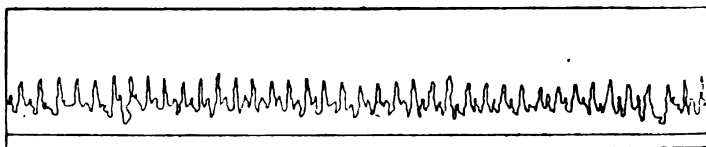


Fig. 35.

solchen Curve dar. Die Abscisse bezeichnet eine Spannung von 6-80 <sup>kg</sup>. Die einzelnen Umdrehungen sind an derselben sehr gut erkenntlich: übrigens wurden sie am Zählerwerk des Ergostaten direct abgelesen. Die Arbeit bei jeder Umdrehung ist das Product der mittleren Spannung durch den Umfang des Rades (= 0.818 <sup>m</sup>).

Diese Versuche wurden alle an einem und demselben Individuum, dem Laboratoriumsdiener G. J., ausgeführt und waren sonst im grossen Ganzen wie die früher mitgetheilten angeordnet.

<sup>1</sup> Fick, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. L, S. 189—191. 1891.

## Versuch LXVIII. 24. November 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·2 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77·8 <sup>kg</sup>. 1. und 3. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am Dynamometer, 1260 Umdrehungen; 4. Stunde: 1295 Umdrehungen. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren- gemessenes Luftvolumen ebm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationsskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
10 <sup>h</sup> 25' Vorm.		289·3	287·8	6·6	0·440 0·436	0·434			769
	6·81						9·8	36	
11 <sup>h</sup> 25' „		289·3	288·0	7·1	0·620 0·612	0·610			769
	6·93						20·7	76	
12 <sup>h</sup> 25' Nachm.		289·3	288·5	9·9	0·988 0·996	0·979			769
	6·97						8·9	33	
1 <sup>h</sup> 25' „		289·3	288·6	10·2	1·116 1·120	1·102			771
	6·88						19·0	70	
2 <sup>h</sup> 25' „		289·3	288·6	10·5	1·432 1·420	1·406			771

## Versuch LXIX. 28. November 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·00 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77·50 <sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am Dynamometer 1603 Umdrehungen; 4. Stunde: 1652 Umdrehungen. A = 100·4.

10 <sup>h</sup> 30' Vorm.		288·6	293·1	9·0	0·392 0·380	0·381			757
	6·59						8·8	32	
11 <sup>h</sup> 30' „		288·6	292·8	10·8	0·556 0·556	0·548			757
	6·69						20·2	74	
12 <sup>h</sup> 30' Nachm.		288·6	291·9	11·2	0·940 0·936	0·924			757
	6·73						9·0	33	
1 <sup>h</sup> 30' „		288·6	291·4	11·1	1·080 1·068	1·058			757
	6·73						17·4	64	
2 <sup>h</sup> 30' „		288·6	290·9	10·8	1·368 1·360	1·345			757
	6·69						9·6	35	
3 <sup>h</sup> 30' „		288·6	290·5	10·9	1·484	1·463			757

## Versuch LXX. 1. December 1894.

G. J. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: 1768 Umdrehungen am nicht belasteten Dynamometer; 4. Stunde: 1430 Umdrehungen am belasteten Dynamometer.  $A = 100 \cdot 4$ .

Zeit	Durch die Gasuhren ge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
	cbm	in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		288.4	288.4	7.8	0.440 0.440	0.436			760
11 <sup>h</sup> 15' "	6.45						7.5	27	
		288.4	290.4	9.0	0.576 0.580	0.571			760
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.	6.68						13.2	49	
		288.4	291.5	9.6	0.816 0.820	0.808			760
1 <sup>h</sup> 15' "	6.72						6.9	25	
		288.4	291.3	10.0	0.920 0.920	0.908			760
2 <sup>h</sup> 15' "	6.79						17.7	65	
		288.4	290.8	10.2	1.216 1.228	1.207			760
3 <sup>h</sup> 15' "	6.87						7.8	29	
		288.4	290.0	10.0	1.312 1.316	1.297			760

## Versuch LXXI. 3. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77.30<sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1362 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 1638 Umdrehungen.  $A = 100 \cdot 4$ .

10 <sup>h</sup> 35' Vorm.		288.0	293.0	6.0	0.400 0.400	0.397			764
	6.65						8.7	32	
11 <sup>h</sup> 35' "		288.0	292.4	6.8	0.568 0.560	0.559			764
	6.73						21.2	78	
12 <sup>h</sup> 35' Nachm.		288.0	291.5	7.7	0.960 0.956	0.948			764
	6.74						7.9	29	
1 <sup>h</sup> 35' "		288.0	290.6	7.5	1.072 1.064	1.057			764
	6.79						12.2	45	
2 <sup>h</sup> 35' "		288.0	290.0	7.5	1.248 1.256	1.240			764
	6.86						6.3	23	
3 <sup>h</sup> 35' "		288.0	289.8	7.4	1.316 1.308	1.299			764

## Versuch LXXII. 6. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78.2<sup>kg</sup>. 1. Stunde: Ruhe.  
2. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1317 Umdrehungen. A=100.4.

Zeit	Durch die Gasuhrenge- messenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationkammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
	cbm			mm					
10 <sup>h</sup> 45' Vorm.		287.8	291.5	6.1	0.400 0.400	0.397			761
	6.67						9.0	33	
11 <sup>h</sup> 45' "		287.8	291.3	6.8	0.580 0.560	0.565			761
	6.67						20.3	74	
12 <sup>h</sup> 45' Nachm.		287.8	290.7	7.5	0.948 0.944	0.937			761

## Versuch LXXIII. 10. December 1894.

G. J. Körpergewicht vor dem Versuch 77.84<sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe.  
2. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2400 Umdrehungen;  
4. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1393 Umdrehungen. A = 100.4.

10 <sup>h</sup> 45' Vorm.		287.8	293.3	6.2	0.400 0.380	0.387			764
	6.54						8.7	32	
11 <sup>h</sup> 45' "		287.8	292.7	6.8	0.560 0.548	0.549			764
	6.63						15.5	57	
12 <sup>h</sup> 45' Nachm.		287.8	291.8	7.5	0.840 0.836	0.830			764
	6.63						8.9	33	
1 <sup>h</sup> 45' "		287.8	290.9	7.6	0.980 0.972	0.966			764
	6.62						22.3	82	
2 <sup>h</sup> 45' "		287.8	290.4	8.0	1.364 1.364	1.350			764
	6.83						10.0	37	
3 <sup>h</sup> 45' "		287.9	289.9	8.0	1.488	1.472			764

## Versuch LXXIV. 13. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·25 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 77·85 <sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2214 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer 1263 Umdrehungen. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasbrenge- messenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respi- rationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
10 <sup>b</sup> Vorm.		288.1	294.0	7.6	0.362 0.372	0.366			75.8
11 <sup>b</sup> „	6.50						7.8	29	
		288.1	294.1	8.2	0.520 0.520	0.514			75.8
	6.52						11.0	40	
12 <sup>b</sup> Mittags		288.1	293.0	9.5	0.724	0.715			75.8
	6.73				0.808		6.4	24	
1 <sup>b</sup> Nachm.		288.2	292.0	9.6	0.832 0.820	0.810			75.8
	6.72						16.9	62	
2 <sup>b</sup> „		288.4	291.5	9.8	1.120 1.116	1.104			75.8
	6.74						8.3	30	
3 <sup>b</sup> „		288.5	290.8	9.8	1.236 1.220	1.212			75.8

## Versuch LXXVIII. 5. Februar 1895.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 79·35 <sup>kg</sup>. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. und 4. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2632 bzw. 2458 Umdrehungen. A = 100·4.

10 <sup>h</sup> 15' Vorm.		288·9	294·2	2·9	0·476 0·468	0·470			76·8
	7·51						9·3	34	
11 <sup>h</sup> 15' „		288·8	294·0	3·4	0·640	0·637			76·8
	6·34						13·8	51	
12 <sup>h</sup> 15' Nachm.		288·8	292·8	4·0	0·880 0·892	0·881			76·8
	6·20						8·0	29	
1 <sup>h</sup> 15' „		288·9	291·6	4·3	1·012 1·000	1·000			76·8
	7·07						13·0	48	
2 <sup>h</sup> 15' „		288·9	291·0	4·4	1·204 1·212	1·201			76·8
	7·17						7·0	26	
3 <sup>h</sup> 15' „		288·9	290·1	4·5	1·280 1·280	1·273			76·8

Bei der Berechnung dieser Versuche sind wir etwas anders als bei derjenigen der früheren zuwege gegangen. Da es sich nämlich zeigte, dass bei einigen der hierher gehörigen Versuche die Kohlensäureabgabe während der letzten (5.) Ruhestunde grösser war, als während der zwei ersten Ruhestunden, haben wir als Ruhewerth das Mittel dieser zwei Stunden gewählt und den während der letzten Ruhestunde auftretenden Ueberschuss als Nachwirkung der Arbeit aufgefasst und also der bei der Arbeit erscheinenden Zunahme der Kohlensäureabgabe addirt.

Ferner ist es uns nicht möglich gewesen, die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro widerstandslose Umdrehung des Rades und für 1 Kilogramm Arbeit in der früher nach Katzenstein geübten Weise zu berechnen, denn schon bei dem zweiten hierher gehörigen Versuche (Vers. LXIX) erhielten wir für jene einen negativen Werth. Wir haben daher die für eine widerstandslose Umdrehung stattfindende Kohlensäureabgabe direct berechnet, indem wir die bei der Arbeit am nicht belasteten Dynamometer erscheinende Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Zahl der Umdrehungen dividirt haben. Den solcher Art erhaltenen Werth für eine widerstandslose Umdrehung haben wir dann mit der Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer multiplicirt und das Product von der dabei erhaltenen Kohlensäurezunahme abgezogen. Der Rest stellte dann die Kohlensäurezunahme für die Arbeit an und für sich dar.

Nicht in allen Versuchen ist aber Arbeit am nicht belasteten Dynamometer ausgeführt worden. Um auch die bei diesen Versuchen pro Kilogramm Arbeit stattfindende Zunahme der Kohlensäureabgabe zu finden, haben wir aus sämmtlichen Bestimmungen der Kohlensäurezunahme pro widerstandslose Umdrehung das Mittel berechnet, und dieses Mittel in der eben beschriebenen Weise bei den betreffenden Versuchen zur Berechnung der Kohlensäurezunahme pro Kilogramm Arbeit benutzt.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Arbeitswerthe und der Kohlensäurezunahme bei den erwähnten Versuchen.

Versuch	Stunde	Zahl der Umdrehungen bei nicht belastetem Dynamometer	Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer	Arbeit; Kilogramm-meter	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm
LXVIII.	2	—	1260	7585	41.7
	4	—	1295	7170	35.3

Versuch	Stunde	Zahl der Umdrehungen bei nicht belastetem Dynamometer	Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer	Arbeit; Kilogramm-meter	Zunahme der Kohlensäureabgabe: Gramm
LXIX.	2	—	1603	6071	41.5
	4	—	1652	7037	33.7
LXX.	2	1768	—	—	22.2
	4	—	1430	6324	40.6
LXXI.	2	—	1362	7969	49.7
	4	1638	—	—	16.6
LXXII.	2	—	1317	8175	41.2
	4	2400	—	—	24.5
LXXIII.	2	—	1393	10529	54.2
	4	—	—	—	—
LXXIV.	2	2214	—	—	14.3
	4	—	1263	9549	40.3
LXXVIII.	2	2632	—	—	20.9
	4	2458	—	—	18.1

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Umdrehung an nicht belasteten Dynamometer beträgt:

Versuch	CO <sub>2</sub> pro Umdrehung; Gramm
LXX.	0.01256
LXXI.	0.01014
LXXIII.	0.01020
LXXIV.	0.00646
LXXVIII. I.	0.00794
„ II.	0.00736

Mittel sämtlicher Beobachtungen . . . . . 0.00911  $\pm$  CO<sub>2</sub>  
Mittlerer Fehler . . . . .  $\pm 0.00226$  „  
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung . . . . .  $\pm 0.00125$  „  
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . . . .  $\pm 0.00051$  „

Das Mittel pro Umdrehung ist hier kleiner als bei den sub I angeführten Versuchen, welches 0.01576  $\pm$  CO<sub>2</sub> beträgt (S. 193). Die Ursache davon liegt theils darin, dass die Umdrehungen bei den hier vorliegenden Versuchen in sitzender Stellung, bei jenen in stehender Stellung ausgeführt wurden, theils wohl auch in der Berechnungs-

weise und in der Unsicherheit, mit welcher die Bestimmung der Arbeitswerthe bei den Versuchen sub I behaftet sind.

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogramm-meter Arbeit beträgt nach der schon besprochenen Art der Berechnung:

Numer	Versuch	Stunde	Zunahme der CO <sub>2</sub> -Abgabe; Gramm	Zahl der Umdrehungen	Entsprechende CO <sub>2</sub> -Abgabe; Gramm	Arbeit; Kilogramm-meter	CO <sub>2</sub> -Abgabe für die Arbeit; Gramm	CO <sub>2</sub> -Abgabe pro Kilogramm- meter Arbeit
1	LXVIII.	2	41.7	1260	11.5	7585	30.2	0.00398
2	"	4	35.3	1295	11.8	7170	23.5	0.00328
3	LXIX.	2	41.5	1603	14.6	6071	26.9	0.00443
4	"	4	33.7	1652	15.1	7037	18.6	0.00264
5	LXX.	4	40.6	1430	18.0	6324	22.6	0.00357
6	LXXI.	2	49.7	1362	13.8	7969	35.9	0.00451
7	LXXII.	2	41.2	1317	12.0	8175	29.2	0.00357
8	LXXIII.	4	54.2	1393	14.2	10529	40.0	0.00380
9	LXXIV.	4	40.3	1263	8.2	9549	32.1	0.00336

Mittel pro Kilogramm-meter Arbeit . . . . . 0.00368

Mittlerer Fehler . . . . .  $\pm 0.00058$

Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung  $\pm 0.00039$

Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . . . .  $\pm 0.00013$

Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogramm-meter (bei Drehen einer Maschine) beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$0.00368 \pm 0.00013 \text{ } ^s \text{ CO}_2.$$

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels ist hier 3.53 Procent des Mittelwerthes.

Da 1<sup>s</sup> C aus Kohlehydraten 9.50 WE entsprechen, so ist der calorimetrische Werth von 1<sup>s</sup> CO<sub>2</sub> aus Kohlehydraten = 2.591 WE und der entsprechende Arbeitswerth 1101.2 Kilogramm-meter. Also ist das Aequivalent für 1 Kilogramm-meter Arbeit = 0.0009081<sup>s</sup> CO<sub>2</sub> aus Kohlehydraten.

Wenn wir also annehmen, dass die Arbeit in unseren Versuchen auf Kosten der Kohlehydrate ausgeführt worden ist, so ergeben die Versuche, dass 24.7 Procent der Energie zur mechanischen Arbeit verwendet worden sind.



Die von früheren Autoren und von uns an Menschen gefundenen Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmer Arbeit sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	CO <sub>2</sub> pro Kilogrammmer Arbeit; Gramm	Art der Arbeit	Autor
1	0.00086	?	Voit. <sup>1</sup>
2	0.00106	?	„ <sup>1</sup>
3	0.00532	Heben von Gewichten mit dem Arm.	Speck, 1866. <sup>2</sup>
4	0.00719	do.	„ 1871. <sup>3</sup>
5	0.00394—0.00493	do.	„ „ <sup>4</sup>
6	0.00473	Drehung mit dem Arm.	„ 1885. <sup>5</sup>
7	0.00571	do.	„ „ <sup>6</sup>
8	0.00829	Heben von Gewichten.	Hanriot u. Richet. <sup>7</sup>
9	0.00317	Arbeit an Gärtner's Ergostat. Mittel.	Katzenstein. <sup>8</sup>
10	0.00221	Steigen. Mittel.	„ <sup>9</sup>
11	0.00428	Klettern. Mittel aus 8 Versuchen.	Sondén u. Tigerstedt
	[0.00214	do.]	„
12	0.00332	Arbeit an Gärtner's Ergostat. Mittel aus 8 Versuchen.	„
13	0.00368	Arbeit an Fick's Dynamometer. Mittel aus 9 Versuchen.	„

Die Werthe differiren also sehr erheblich. Wie aber Katzenstein hervorgehoben hat, sind die Zahlen von Speck wegen verschiedener Umstände, die bei Katzenstein nachzulesen sind,<sup>10</sup> nicht dazu geeignet, das Verhältniss zwischen Arbeit und Kohlensäureabgabe festzustellen, so interessant diese Versuche sonst in mehreren anderen Hinsichten sind. Wir können daher von denselben hier absehen.

<sup>1</sup> Voit, *Handbuch d. Physiol.* Bd. VI, 1, S. 202. 1881.

<sup>2</sup> Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens.* Leipzig 1892. S. 63.

<sup>3</sup> Speck, *ibid.* S. 66—68.

<sup>4</sup> Speck, *ibid.* S. 66—68.

<sup>5</sup> Speck, *ibid.* S. 69 folg.

<sup>6</sup> Speck, *ibid.* S. 80.

<sup>7</sup> Hanriot und Richet, *Comptes rend. de l'académie des sciences.* Bd. CV. S. 78. 1887.

<sup>8</sup> Katzenstein, a. a. O. S. 359, 360. Die Kohlensäureabgabe von uns berechnet.

<sup>9</sup> Katzenstein, a. a. O. S. 367, 368. Die Kohlensäureabgabe von uns berechnet.

<sup>10</sup> Katzenstein, a. a. O. S. 346, 350 folg.

Voit's Versuche sind ausserordentlich merkwürdig wegen der sehr geringen Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmer Arbeit, die dort hervortritt. Da 1 Kilogrammmer Arbeit  $0.0009081 \text{ }^s \text{ CO}_2$  aus Kohlehydraten und  $0.000702 \text{ }^s \text{ CO}_2$  aus Fett entspricht, muss die Arbeit hier wesentlich auf Kosten des Fettes ausgeführt gewesen sein. Und dabei stellt sich heraus, dass 81.6 bzw. 66.2 Procent der Energie des Fettes als mechanische Arbeit hervorgetreten ist. Nur stehen diese Versuche ganz vereinzelt da und Voit hat leider, unseres Wissens, nie Näheres über diese Versuche mitgetheilt, wir wissen sogar nicht, welcher Art diese Arbeit war und in welcher Weise die absolute Arbeitsgrösse bestimmt wurde.

Im Gegensatz hierzu ist die Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmer bei den Versuchen von Hanriot und Richet eine sehr beträchtliche. Der Nutzeffect beträgt nur 11 Procent der Energie der Kohlehydrate. Wie Katzenstein glauben auch wir, dass die dynamische Arbeit des Hebens von Gewichten wahrscheinlich bei diesen Forschern ebenso wie bei Speck zu niedrig angesetzt worden ist, da ja ein mehr oder minder grosser Theil statischer Arbeit, die stets mitgeleistet wird, nicht berechnet werden kann.

Es bleiben also die Bestimmungen von Katzenstein und uns.

Aus schon hervorgehobenen Gründen glauben wir, dass der Werth  $0.00428 \text{ }^s \text{ CO}_2$  für 1 Kilogrammmer Arbeit beim Klettern viel zu gross ist und dass etwa die Hälfte davon,  $0.00214 \text{ }^s \text{ CO}_2$ , dem wirklichen Thatbestand beträchtlich näher kommt (vgl. S. 186). Dieser Werth stimmt aber mit dem von Katzenstein beim Steigen gefundenen,  $0.00221 \text{ }^s \text{ CO}_2$ , ausserordentlich gut überein.

Für 1 Kilogrammmer Arbeit beim Drehen an Gärtner's Ergostat hat Katzenstein als Mittel 0.00317, wir 0.00332. Auch diese Werthe zeigen eine sehr gute Uebereinstimmung.

Gegen dieselben kann jedoch ganz bestimmt geltend gemacht werden, dass der Ergostat lange nicht erlaubt, die absolute Arbeitsgrösse mit genügender Genauigkeit zu bestimmen und diese Werthe sind daher mit einem gewissen Fehler behaftet.

Die Grösse dieses Fehlers kann allerdings nicht bestimmt angegeben werden. Bei unserer letzten Versuchsreihe aber, wo die Arbeit an Pick's Dynamometer ausgeführt wurde und genau berechnet werden konnte, ist die  $\text{CO}_2$ -Abgabe pro Kilogrammmer Arbeit =  $0.00368 \text{ }^s$ , und differirt also nicht besonders viel von den mittels des Ergostaten gefundenen Werthen, 0.00317 bzw. 0.00332. Wir können daher mit einer gewissen Berechtigung sagen, dass der Fehler bei den Versuchen am Ergostaten wahrscheinlich nicht viel grösser als etwa 10 Procent ist.

Da nun die Bestimmung der Arbeitsgrösse bei unseren Versuchen an Fick's Dynamometer am genauesten ist, da weiter die Anordnung der Versuche an und für sich kein Hinderniss für die normale Athmung u. s. w. des Versuchsindividuums erzeugte, und da endlich die ausgeführte Arbeit nicht übermässig gross war, so glauben wir den aus diesen Versuchen hervorgegangenen Werth zur Zeit als den genauesten Ausdruck für die Kohlensäurezunahme bei Dreharbeit mit den oberen Extremitäten hervorheben zu können.

Endlich wollen wir nicht unterlassen zu bemerken, dass sich bei unseren Versuchen wie bei denen von Katzenstein die Arbeit mit den unteren Extremitäten viel öconomischer als die mit den oberen Extremitäten ausgeführte gestaltet hat.

### § 3. Schlussfolgerungen.

Die Versuche dieses Abschnittes haben hauptsächlich Folgendes ergeben:

1. Die durch Muskelarbeit bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe ist so gross, dass es nicht gut möglich sein kann, dass die Arbeit auf Kosten des Eiweisses stattfindet.

2. Für die Arbeit, welche nöthig ist, um beim Gehen  $1^{kg}$  des Körpers einen Schritt in horizontaler Richtung fortzubewegen, beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe  $0.000102 \pm 0.000006 g$ .

3. Die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von  $1^{kg}$  des Körpergewichtes um  $1^m$  beträgt  $0.000149 \pm 0.000008 g$ .

4. Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogramm-meter beim Klettern beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe, wenn die Arbeit beim Herabsteigen derjenigen beim Aufsteigen gleich ist,  $0.00214 \pm 0.00006 g$ .

5. Die Ausnützung der Energie, wenn die Arbeit auf Kosten der Kohlehydrate stattfindet, beträgt dann 42.4 Procent.

6. Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogramm-meter beim Drehen beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe  $0.00368 \pm 0.00013 g$ .

7. Die Ausnützung der Energie, wenn die Arbeit auf Kosten der Kohlehydrate stattfindet, beträgt dann 24.7 Procent.

## Fünfter Abschnitt.

Ueber den Gesamtstoffwechsel bei Menschen  
von verschiedenem Alter.

## § 1. Geschichtliche Einleitung.

Ueber den Gesamtstoffwechsel des gesunden Menschen besitzen wir allerdings eine grosse Anzahl Erfahrungen, welche sich auf Untersuchungen über die von verschiedenen Individuen genossene Kost stützen. Dagegen liegen nur wenige Untersuchungen vor, bei welchen sowohl die festen und flüssigen als die gasförmigen Ausscheidungsprodukte quantitativ bestimmt worden sind.

Die einzigen hierhergehörigen Untersuchungen sind im physiologischen Laboratorium in München mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparat ausgeführt.

Die ersten mit demselben gewonnenen Resultate wurden im Jahre 1862 von Ranke mitgeteilt. Die Analysen sind von Pettenkofer und Voit ausgeführt, die Versuche geschahen an Ranke selbst.

Diese Versuche bezweckten in erster Linie, den Einfluss festzustellen, welchen eine verschiedenartige Kost auf den Stoffwechsel des ruhenden Menschen ausübte. Ihre Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	Nahrung	N-Ausscheidung im Harn <sup>1</sup>	C pro 24 Stunden; Gramm	CO <sub>2</sub> pro 24 Stunden; Gramm
1	Erster Hungertag <sup>2</sup>	8.024	184.5	676.7
2	Erster Hungertag <sup>2</sup>	10.4	180.8	663.2
3	Zweiter Hungertag	8.62	180.9	663.6
4	Fleischkost (1832 * Fleisch)	44.19	231.2	847.9
5	N-freie Kost	8.16	200.5	735.2
6	Gewöhnliche Kost	18.85	215.7	791.0
7	Maximale Kost	21.4	252.4	925.7 <sup>3</sup>

Vier Jahre später veröffentlichten Pettenkofer und Voit ihre berühmte Beobachtungsreihe über den Gesamtstoffwechsel des Menschen.

<sup>1</sup> Als Harnstoff und Harnsäure bestimmt.

<sup>2</sup> Ranke genoss seine letzte Mahlzeit 19 Stunden vor dem Beginn des Versuches.

<sup>3</sup> Ranke, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1862. S. 311—380.

Die Versuche geschahen hauptsächlich an einer und derselben Person, einem 28jährigen Mann von 70 <sup>kg</sup> Körpergewicht. Nur bei einem einzigen Versuch wurde eine andere Versuchsperson, ein 36jähriger Mann von 53 <sup>kg</sup> Körpergewicht benutzt.

Die Versuche wurden theils bei Arbeit, theils bei Ruhe, theils bei Hunger, theils bei Zufuhr von Nahrung ausgeführt. Bei den Hungerversuchen hatte die Versuchsperson 12 Stunden vor dem Versuch ihre letzte Mahlzeit, eine Portion Beefsteak und  $\frac{1}{2}$  Liter Bier genossen. Im Versuch 2 (siehe unten), der nur eine Nacht dauerte, hatte die Versuchsperson kurz vorher Abendbrod gegessen.

Die Ergebnisse sind folgende:

Versuche über den Gesamtstoffwechsel des Menschen von  
Pettenkofer und Voit.

Versuchs- person	Nummer	C in der Respiration; Gramm	CO <sub>2</sub> in der Respiration; Gramm	N im Harn; Gramm	C im Harn; Gramm
I.	1. Hunger, Ruhe . . . . .	201.3	730	12.51	2.95
	2. do. (eine Nacht) . . . .	98.1	360	—	—
	3. do. . . . .	189.5	695	12.27	2.55
	4. Hunger, Arbeit . . . . .	323.9	1187	11.76	3.00
	5. Mittlere Kost, Ruhe . . . .	248.6	912	17.35	12.00
	6. do. do. . . . .	257.2	943	16.32	12.00
	7. do. do. . . . .	253.7	930	17.36	12.00
	8. do. Arbeit . . . . .	350.2	1285	17.26	12.40
	9. do. do. . . . .	309.2	1134	17.41	12.00
	10. Eiweissreiche Kost, Ruhe . . .	273.6	1003	26.04	17.40
	11. do. do. . . . .	283.1	1038	32.82	22.00
	12. N-freie Kost, Ruhe . . . . .	228.8	839	12.93	8.80
	13. do. do. (12 Stunden) . . .	142.4	522	—	—
	14. . . . .	254.3	932	18.10	12.00
II.	15. Mittlere Kost, Ruhe . . . . .	189.0	695	18.03	12.70

In der letzten Zeit hat Laves<sup>2</sup> mit dem Respirationsapparat von Hoppe-Seyler in Strassburg an einem und demselben Individuum, einem 30jährigen Mann von 66 <sup>kg</sup> Körpergewicht, zwei 24 stündige Versuche über den respiratorischen Stoffwechsel bei gemischter Kost

<sup>1</sup> Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 459—573. 1886.

<sup>2</sup> Laves, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 590—602. 1894.

(der Harn wurde nicht berücksichtigt) ausgeführt. Die Ergebnisse sind folgende:

Versuch VI.<sup>1</sup> Kohlensäureabgabe: 344 Liter — Sauerstoffaufnahme: 409.5 Liter.

„ VII. Kohlensäureabgabe: 296 Liter — Sauerstoffaufnahme: 391 Liter.

## § 2. Eigene Untersuchungen.

Unseres Wissens liegen bis jetzt keine anderen, als die eben erwähnten Untersuchungen vor, bei welchen die Kohlensäureabgabe beim gesunden Menschen pro 24 Stunden quantitativ bestimmt worden ist. Die Anzahl von Versuchsindividuen beträgt also in Allem nur 4 — und zwar Männer von ungefähr demselben Alter.

Unsere eigenen Untersuchungen sind noch nicht sehr umfassend, sie erstrecken sich nur auf 13 verschiedene Individuen. Es liegt auch in unserer Absicht, wenn Zeit und Kräfte es erlauben, ein reichhaltigeres Versuchsmaterial zusammenzubringen und hätten wir vielleicht auch die bis jetzt ausgeführten Versuche noch nicht veröffentlichen sollen. Wir entschlossen uns jedoch dies zu thun, theils weil wir diese Versuche für das Studium der Variationen der Kohlensäureabgabe im Verlauf des Tages nöthig hatten (siehe Abschnitt III), theils weil das bis jetzt vorliegende hierhergehörige Material an und für sich so wenig umfangreich ist, dass die geringe Vermehrung, die wir nun darbieten können, jedenfalls nicht ganz ohne Interesse sein dürfte, besonders da sich unter unseren Versuchen auch solche vorfinden, welche an 11- bis 12 jährigen Kindern und an sehr alten Menschen ausgeführt worden sind.

In Bezug auf die Anordnung dieser Versuche weisen wir auf den III. Abschnitt hin. Die Versuche, welche wir hier zu erörtern haben, sind grösstentheils dort mitgetheilt. Dazu kommen noch 2 Versuche, bei welchen die Kohlensäureabgabe nicht in zweistündigen, sondern in sechsstündigen Perioden bestimmt wurde.

Wir theilen die Protocolle dieser Versuche auf Seite 208 mit.

Bei den hier zu besprechenden Versuchen haben wir also den in der Respiration abgegebenen Kohlenstoff und den im Harn ausgeschiedenen Stickstoff bestimmt. Dagegen haben wir es unterlassen, die Darmentleerungen zu analysieren, weil eine derartige Analyse kein

<sup>1</sup> Die Versuche I bis V dauerten nur 8 bis 10 Stunden.

## Versuch LIII. 21. bis 22. Mai 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 75·70 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 75·46 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson Frühstück um 9 Uhr 30 Min. Vorm. (belegte Brödchen 95 <sup>g</sup>, Ei 45 <sup>g</sup>, Sahne 50 <sup>g</sup>, Zucker 30 <sup>g</sup>, Weissbrod 115 <sup>g</sup>, Kaffee 440 <sup>g</sup>) und Mittagsessen um 3 Uhr 45 Min. Nachm. (Brod 95 <sup>g</sup>, Fleisch und Kartoffeln 530 <sup>g</sup>, Kaffee 250 <sup>g</sup>, Zucker 30 <sup>g</sup>, Sahne 40 <sup>g</sup>) sowie 100 <sup>g</sup> Wasser. Ging zu Bett um 11 Uhr 30 Min. Nachm., schlief bis 5 Uhr Vorm., stand auf um 7 Uhr 50 Min. Vorm. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhrengemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationsskammer mm	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationsskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO <sub>2</sub>	
8 <sup>h</sup> Nachm.	16·83	291·8	293·1	6·0	0·460 0·448	0·450	49·6	182	758
2 <sup>h</sup> Vorm.	15·46	291·6	292·8	7·1	1·360 1·352	1·343	39·7	146	760
8 <sup>h</sup> Nachm.	15·59	291·4	294·6	8·6	1·936 1·940	1·916	58·4	214	762
2 <sup>h</sup> „	15·18	291·4	293·4	9·0	2·804 2·796	2·767	52·9	194	762
8 <sup>h</sup> „		291·4	292·5	8·7	3·440 3·440	3·401			764

## Versuch LII. 9. bis 10. Mai 1894.

John S., Arzt, geb. 18. April 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 55·01 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 54·96 <sup>kg</sup>. Während des Versuches genoss die Versuchsperson Abendbrod um 9 Uhr 30 Min. Nachm. (belegte Brödchen 140 <sup>g</sup>, Weissbrod 22 <sup>g</sup>, Zucker 32 <sup>g</sup>, Thee 650 <sup>g</sup>), Frühstück (belegte Brödchen 120 <sup>g</sup>, Eier 77 <sup>g</sup>), Mittagsessen (Braten mit Kartoffeln 285 <sup>g</sup>, Preiselbeeren 56 <sup>g</sup>, Confituren 144 <sup>g</sup>, Brod 153 <sup>g</sup>) sowie 510 <sup>g</sup> Wasser. Ging zu Bett um 12 Uhr Nachts, stand auf um 9 Uhr Vorm. A = 100·4.

7 <sup>h</sup> Nachm.	18·20	290·8	292·4	6·6	0·444 0·436	0·436	48·5	178	760
1 <sup>h</sup> Vorm.	18·49	291·0	292·6	8·0	1·316 1·316	1·302	37·6	138	760
7 <sup>h</sup> „	18·73	291·0	295·6	8·8	1·848 1·840	1·823	47·8	175	763
1 <sup>h</sup> Nachm.	17·77	291·2	295·0	10·4	2·468 2·480	2·440	55·2	202	762
7 <sup>h</sup> „		291·7	294·6	10·7	3·148 3·152	3·106			762

grösseres Interesse hat, wenn man nicht auch die genossene Nahrung analysirt und die derselben entsprechenden Fäces genau abgrenzt.

Die C-Menge im Harn haben wir aus dem Stickstoff nach der Relation  $N:C = 1:0.67$  berechnet.<sup>1</sup>

Wir stellen zuerst unsere Versuche nach dem Alter der Versuchspersonen geordnet in der folgenden Tabelle zusammen.

Die C- und N-Abgabe während 24 Stunden bei Menschen von verschiedenem Alter.

Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	CO <sub>2</sub> in der ausgeathmeten Luft; Gramm	C; Gramm			N im Harn; Gramm	Bemerkungen
				in der ausgeathmeten Luft	im Harn berechnet	Summa		
1 XXIX. K. T.	1882 17./X.	32.05	630	171.9	9.3	181.2	13.94 <sup>2</sup>	Gew. Kost
2 XXX. L. K.	1882 6./I.	38.30	641	174.9	10.7	185.6	15.92 <sup>3</sup>	do.
3 XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57.00	686	187.0	8.6	195.6	12.86	Hunger (nur Frühstück)
4 XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71.18	804	219.3	14.4	233.7	21.51	Hunger
5 LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72.70	795	216.8	13.2	230.0	19.64	Gew. Kost
6 XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63.00	648	176.8	10.0	186.8	14.95	Hunger
7 LIII. G. J.	1863 2./VI.	75.58	736	200.6	9.2	209.8	13.70 <sup>4</sup>	Gew. Kost
8 LIJ. J. S.	1863 18./IV.	54.99	693	189.1	11.5	200.6	17.20 <sup>5</sup>	do.
9 XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69.51	794	216.5	11.9	228.4	17.79	Hunger
10 XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83.51	769	209.7	12.9	222.6	19.26 <sup>6</sup>	do.
11 LXXVI. Å.	1826 31./V.	66.60	634	172.9	8.5	181.4	12.63 <sup>7</sup>	Gew. Kost
12 XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59.00	633	172.7	6.6	179.3	9.81 <sup>8</sup>	do.
13 LI. L.	1809 31./X.	61.31	635	173.2	6.6	179.8	9.83 <sup>9</sup>	do.

<sup>1</sup> Vgl. Pflüger, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LI, S. 236 folg. 1891.

<sup>2</sup> 850 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.023; Procent N = 1.64.

<sup>3</sup> 773 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.029; Procent N = 2.06.

<sup>4</sup> 901 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.025; Procent N = 1.52.

<sup>5</sup> 956 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.026; Procent N = 1.80.

<sup>6</sup> 1041 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.028; Procent N = 1.85.

<sup>7</sup> 1435 <sup>ccm</sup> Harn; Sp. Gew. = 1.020; Procent N = 0.88.

<sup>8</sup> Da, wie oben erwähnt, etwa 50 <sup>ccm</sup> Harn verloren gegangen sind, haben wir aus dem mittleren Procentgehalt des Harns an N die N-Menge in 50 <sup>ccm</sup> Harn (= 0.64 \* N) berechnet und diese Quantität der direct gefundenen N-Menge (= 9.17<sup>9</sup>) addirt.

<sup>9</sup> Bei diesem Versuche wurden Harn und Fäces gar nicht getrennt, und in Folge dessen die gesammte N-Menge im Harn und Fäces bestimmt. Die Summe



Nach Pflüger's Standardzahl für das Eiweiss (Fleisch)  $N:C = 1:3.28$ , berechnen wir zuerst die Menge des abgegebenen Kohlenstoffes, die dem Eiweiss entstammt. Der Rest kommt aus N-freien Substanzen. Aus dem Stickstoff berechnen wir wieder das Eiweiss, unter Anwendung des Coefficienten 6.25. Wir erhalten dann die in der folgenden Tabelle verzeichneten Werthe.

Der Gesamtstoffwechsel bei Menschen von verschiedenem Alter.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	Zersetztes Eiweiss; Gramm	C aus N-freier Substanz; Gramm	Bemerkungen
1	XXIX. K. T.	1882 17./X.	32.05	87	135.5	Gewöhnl. Kost
2	XXX. L. K.	1882 6./I.	38.30	100	133.4	do.
3	XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57.00	81	153.4	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71.18	134	163.1	Hunger
5	LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72.70	123	165.6	Gewöhnl. Kost
6	XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63.00	93	137.8	Hunger
7	LIII. G. J.	1863 2./VI.	75.58	86	164.9	Gewöhnl. Kost
8	LII. J. S.	1863 18./IV.	54.99	108	144.2	do.
9	XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69.51	111	170.0	Hunger
10	XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83.51	120	159.4	do.
11	LXXVI. Å.	1826 31./V.	66.60	79	140.0	Gewöhnl. Kost
12	XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59.00	61	147.1	do.
13	LI. L.	1809 31./X.	61.30	61	147.6	do.

Wir besitzen leider keine bestimmten Gründe, um zu entscheiden, wie der aus N-freien Substanzen entstammende Kohlenstoff auf Fett und Kohlehydrate vertheilt gewesen ist. Mit Kenntniss von der Lebensweise unserer Versuchspersonen können wir jedoch mit aller Bestimmtheit behaupten, dass ein nicht unbeträchtlicher Theil dieses Kohlenstoffes aus Fett entstammt.

Die calorische Berechnung von Fett und Kohlenstoff ergibt, dass 1<sup>g</sup> Kohlenstoff aus Fett einen Verbrennungswerth von 12.31 WE, und

beträgt 10.83<sup>g</sup>; um einen mit den übrigen Versuchen vergleichbaren Werth zu erhalten, haben wir für die Fäces 1.00<sup>g</sup> N abgezogen und den Rest 9.83 als Harnstickstoff angenommen.

1 \* Kohlenstoff aus Kohlehydraten einen solchen von 9.50 WE hat.<sup>1</sup> Die Differenz ist etwa 30 Procent.

Es ist daher sehr wichtig zu wissen, wie viel Fett und wie viel Kohlehydrate im Körper zu Grunde gegangen sind.

Hultgren's und Landergren's Untersuchungen über die Ernährung bei frei gewählter Kost haben ergeben, dass bei den ökonomisch glücklicher gestellten Classen der Gesellschaft das Verhältniss zwischen Fett und Kohlehydraten in der Kost im Mittel wie 100:270 ist.<sup>2</sup> Wir glauben, dass wir der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir annehmen, dass bei unseren Versuchspersonen — welche wohl unter etwa denselben Ernährungsbedingungen wie die Versuchspersonen Hultgren's und Landergren's lebten — die zersetzte N-freie Substanz in derselben Proportion 100:270 auf Fett und Kohlehydrate vertheilt war. Die Vertheilung des Kohlenstoffes auf Fett und Kohlehydrate würde sich da wie rund 100:150 verhalten.

Unter dieser Voraussetzung erhalten wir die folgende

Vertheilung der Elemente der Ausgaben auf die verschiedenen organischen Nahrungsstoffe.

Nummer	Versuch	N; Gramm	C aus Fett; Gramm	C aus Kohlehydraten; Gramm
1	XXIX.	13.94	54.2	81.3
2	XXX.	15.92	53.4	80.0
3	XLI.	12.86	61.4	92.0
4	XXXI.	21.51	65.2	97.9
5	LXXVII.	19.64	66.2	99.4
6	XLIX.	14.95	55.1	82.7
7	LIII.	13.70	66.0	98.9
8	LII.	17.20	57.7	86.5
9	XVII.	17.79	68.0	102.0
10	XLII.	19.26	63.8	95.6
11	LXXVI.	12.63	56.0	84.0
12	XLV.	9.81	58.8	88.3
13	LI.	9.83	59.0	88.6

Diesen Zahlen entsprechen die folgenden Mengen von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* 1885. Bd. XXI, S. 363.

<sup>2</sup> Hultgren und Landergren, *Hygiea Festband.* 1889. Nr. 11, S. 18. Auch in *Mittheilungen aus dem physiol. Laboratorium des Carolinischen medicochirurgischen Instituts in Stockholm.* 1889. Heft 6.

<sup>3</sup> Unter Anwendung der Relationen C: Fett = 1:1.307, C: Kohlehydrate = 1:2.317.

**Der Gesamtstoffwechsel bei Menschen von verschiedenem Alter.**

Nummer	Versuch	Zersetztes Eiweiss; Gramm	Zersetztes Fett; Gramm	Zersetzte Kohlehydrate; Gramm
1	XXIX. K. T.	87	71	188
2	XXX. L. K.	100	70	185
3	XLI. T. L.	81	80	213
4	XXXI. A. M.	134	85	227
5	LXXVII. E. T.	123	87	230
6	XLIX. T. S.	93	72	192
7	LIII. G. J.	86	86	229
8	LII. J. S.	108	75	200
9	XVII. J. E. J.	111	89	236
10	XLII. J. W.	120	83	222
11	LXXVI. Å.	79	73	195
12	XLV. H. R.	61	77	205
13	LI. L.	61	77	205

Angenommen, dass 1<sup>g</sup> N im Harn 25.98 WE, 1<sup>g</sup> C aus Fett 12.31 WE und 1<sup>g</sup> C aus Kohlehydraten 9.50 WE entsprechen, erhalten wir aus den vorstehenden Tabellen die folgenden Zahlen für den Gesamtstoffwechsel in WE.

**Der Gesamtstoffwechsel in WE bei Menschen von verschiedenem Alter.**

Nummer	Versuch	WE aus Eiweiss	WE aus Fett	WE aus Kohlehydrate	Summa WE	Bemerkungen.
1	XXIX. K. T.	362	667	772	1801	Gewöhnl. Kost
2	XXX. L. K.	414	657	760	1831	do.
3	XLI. T. L.	334	756	874	1964	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	559	803	930	2292	Hunger
5	LXXVII. E. T.	510	815	944	2269	Gewöhnl. Kost
6	XLIX. T. S.	389	678	786	1853	Hunger
7	LIII. G. J.	356	812	940	2108	Gewöhnl. Kost
8	LII. J. S.	447	710	822	1979	do.
9	XVII. J. E. J.	462	837	969	2268	Hunger
10	XLII. J. W.	501	785	908	2194	do.
11	LXXVI. Å.	328	689	798	1815	Gewöhnl. Kost
12	XLV. H. R.	255	724	839	1818	do.
13	LI. L.	255	726	842	1823	do.

Laut dieser Berechnung würden die verschiedenen Nahrungsstoffe in der folgenden Weise bei dem Gesamtstoffwechsel des Körpers theilnehmen.

Nummer	Versuch	Procent WE aus Eiweiss	Procent WE aus Fett	Procent WE aus Kohle- hydraten	Procent WE aus Fett + Kohle- hydraten
1	XXIX. K. T.	20.1	37.0	42.9	79.9
2	XXX. L. K.	22.6	35.9	41.5	77.4
3	XLI. T. L.	17.0	38.5	44.5	83.0
4	XXXI. A. M.	24.4	35.0	40.6	75.6
5	LXXVII. E. T.	22.5	35.9	41.6	77.5
6	XLIX. T. S.	21.0	36.6	42.4	79.0
7	LIII. G. J.	16.9	38.5	44.6	83.1
8	LII. J. S.	22.6	35.9	41.5	77.4
9	XVII. J. E. J.	20.4	36.9	42.7	79.6
10	XLII. J. W.	22.8	35.8	41.4	77.2
11	LXXVI. Å.	18.1	38.0	43.9	81.9
12	XLV. H. R.	14.0	39.8	46.2	86.0
13	LI. L.	14.0	39.8	46.2	86.0
Mittel aus 1—11 . . . . .		20.8	36.7	42.5	79.2
Das Mittel aus den Versuchen von Hultgren und Landergren ist		18.5	37.2	44.3	81.5

Gegen diese ganze Berechnung kann man jedoch einwenden, dass die Vertheilung des Kohlenstoffes auf Fett und Kohlehydrate willkürlich ist, und, vor Allem, dass der Körper beim Hunger ausser Eiweiss hauptsächlich Fett und nicht Kohlehydrate zersetzt. Hierbei muss man jedoch beachten, dass die Versuchsindividuen bei allen Hungerversuchen kurz vor dem Beginn des Versuches ihr Mittagessen genossen hatten und dass also ein wirklicher Hungerzustand sicherlich nicht früher eingetreten ist, als mindestens schon die Hälfte des Versuchstages zu Ende gewesen ist. Und ferner ist es gar nicht möglich, dass vor dem Ende des ersten Hungertages die totale Menge der im Körper aufgespeicherten Kohlehydrate zu Grunde gegangen sei. Wenn wir also annehmen, dass aller abgegebene Kohlenstoff, der bei den Hungerversuchen aus N-freien Substanzen entstammt, vom Fett herrührt, so erhalten wir unzweifelhaft einen zu hohen Werth. Wir haben jedoch unsere Hungerversuche (einschliesslich Versuch XLI) auch unter der Annahme berechnet, dass aller abgegebene Kohlenstoff aus N-freien Substanzen vom Fett abstammt, um solcher Art den maximalen Grenz-

werth des Gesamtstoffwechsels zu erhalten. Das Ergebniss ist folgendes:

Nummer	Versuch	WE aus Eiweiss	WE aus Fett	Summe
3	XLII. T. L.	334	1889	2223
4	XXXI. A. M.	559	2008	2567
6	XLIX. T. S.	389	1696	2085
8	XVII. J. E. J.	462	2093	2555
10	XLII. J. W.	501	1963	2464

Die Differenz zwischen den also gefundenen Werthen und den nach der früheren Berechnungsweise erhaltenen beträgt für diese fünf Versuche bezw. 13·2, 12·0, 12·5, 12·7 und 12·3 Procent des kleineren Zahlenwerthes.

Da aber die nach der letzten Berechnung gefundenen Werthe entschieden zu hoch sind, kann die Differenz zwischen dem von uns früher berechneten Werthe und der thatsächlichen Grösse des Stoffwechsels nicht höher als etwa 10 Procent geschätzt werden.

Wir bemerken, dass die Unsicherheit, mit welcher unsere Ergebnisse in dieser Hinsicht behaftet sind, allen ähnlichen Versuchen, wo nicht auch der O-Verbrauch und die Wasserabgabe direct bestimmt sind, d. h. allen bis jetzt vorliegenden Versuchen über den Gesamtstoffwechsel des Menschen während 24 Stunden,<sup>1</sup> gemeinsam ist.

Unsere Versuche, so wenig zahlreich sie auch sind, sind jedoch die einzigen, bei welchen man während 24 Stunden die Grösse der Stickstoff- und Kohlenstoffabgabe bei Menschen von verschiedenem Alter bestimmt hat. Es bietet daher ein gewisses Interesse, zu untersuchen, wie sich der Stoffwechsel bei verschiedenem Alter in seiner Abhängigkeit vom Körpergewicht und von der Körperoberfläche gestaltet.

Die Resultate einer derartigen Berechnung sind in der Tabelle auf Seite 215 enthalten.

Wir werden diese Versuche in zwei Gruppen ordnen, je nachdem die Versuchspersonen gewöhnliche Kost erhielten oder während des Versuches fasteten.

<sup>1</sup> Bei den in Hoppe-Seyler's Laboratorium ausgeführten Versuchen, wo auch der Sauerstoff direct bestimmt wurde, wurde dagegen weder Wasser noch Stickstoff bestimmt.

## Der Gesamtstoffwechsel in WE pro Kilogramm Körpergewicht und Quadratmeter Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	Körperoberfläche; Quadratmeter	WE pro Quadratmeter	Bemerkungen
1	XXIX. K. T.	1882 17. X.	32.05	56.2	1.296	1390.5	Gew. Kost
2	XXX. L. K.	1882 6. I.	38.30	47.8	1.460	1254.1	do.
3	XLI. T. L.	1875 13. VIII.	57.00	34.4	1.903	1032.2	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	1873 9. XI.	71.18	32.2	2.207	1038.6	Hunger
5	LXXVII. E. T.	1873 25. VII.	72.70	31.2	2.238	1013.9	Gew. Kost
6	XLIX. T. S.	1864 5. VII.	63.00	29.4	1.984	934.0	Hunger
7	LIII. G. J.	1863 2. VI.	75.58	27.9	2.240	941.1	Gew. Kost
8	LII. J. S.	1863 18. IV.	54.99	36.0	1.812	1092.2	do.
9	XVII. J. E. J.	1862 22. III.	69.51	32.6	2.118	1071.0	Hunger
10	XLII. J. W.	1850 26. VIII.	83.51	26.3	2.394	916.5	do.
11	LXXVI. Å.	1826 31. V.	66.60	27.3	2.059	881.5	Gew. Kost
12	XLV. H. R.	1815 1. VIII.	59.00	30.8	1.899	957.4	do.
13	LI. L.	1809 31. X.	61.30	29.7	1.948	935.8	do.

## A. Versuche bei gewöhnlicher Kost.

In Bezug auf diese Versuche müssen wir zuerst bemerken, dass wenn der in Versuch XLV stattfindende Verlust an Harn, den wir zu 50<sup>ccm</sup> geschätzt haben (vgl. S. 156), in der That grösser gewesen wäre, dies die Folge gehabt hätte, dass der oben mitgetheilte Werth für den Gesamtstoffwechsel zu hoch und nicht zu niedrig geworden wäre. Denn 1<sup>g</sup> N im Harn entspricht 0.67<sup>g</sup> C im Harn. Für einen Verlust von 1<sup>g</sup> N wird also die totale C-Menge um 0.67<sup>g</sup> zu niedrig. Auf der anderen Seite enthält das Eiweiss pro Gramm N 3.28<sup>g</sup> C, welches von der totalen Menge C abgezogen werden muss. Der Verlust von 1<sup>g</sup> N bewirkt also, dass die aus N-freier Substanz entstammende C-Menge in der Respiration  $3.28 - 0.27 = 2.61<sup>g</sup>$  grösser wird. Nun repräsentirt aber 1<sup>g</sup> N im Harn einen Verbrennungswerth von 25.98 WE, und 1<sup>g</sup> C, nach der von uns angenommenen Relation (vgl. S. 211), 10.63 WE, was für 2.61<sup>g</sup> C 27.75 WE beträgt. Die Zahl für den Gesamtstoffwechsel bei der Versuchsperson H. R. hat daher durch den betreffenden Uebelstand nicht zu klein werden können, vorausgesetzt, dass die verloren gegangene Harnmenge nicht geringer als 50<sup>ccm</sup> gewesen ist. Ist sie aber geringer gewesen, so ist also die Zahl für den Gesamtstoffwechsel

etwas zu niedrig; auch dies bedeutet aber nicht viel, da die ganz-N-Menge in 50<sup>cem</sup> Harn nicht mehr als 0.67<sup>s</sup> beträgt.

Zur besseren Uebersicht stellen wir die Versuche bei gewöhnlicher Kost in der folgenden Tabelle zusammen.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körper- gewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	WE pro Quadratmeter	WE pro Quadratmeter Mittel
1	XXIX. K. T.	1882 17./X.	32.05	56.2	1390.5	1322.3
2	XXX. L. K.	1882 6./I.	38.30	47.8	1254.1	
5	LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72.70	31.2	1018.9	1015.7
7	LIII. G. J.	1863 2./VI.	75.58	27.9	941.1	
8	LII. J. S.	1863 18./IV.	54.99	36.0	1092.2	
11	LXXVI. Å.	1826 31./V.	66.60	27.3	881.5	924.9
12	XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59.00	30.8	957.4	
13	LI. L.	1809 31./X.	61.30	29.7	935.8	

Pro Kilogramm Körpergewicht hatten die beiden Knaben einen Stoffwechsel von 56.2 bzw. 47.8, im Mittel 52.0 WE, die jungen Leute zwischen 22 und 31 Jahren bzw. 31.2, 27.9 und 36.0, im Mittel 31.7 WE, und die alten Leute über 68 Jahre bzw. 27.3, 30.8, 29.7, im Mittel 29.3 WE. Wird letzteres Mittel = 100 gesetzt, so ist der Gesamtstoffwechsel bei den Knaben = 177 und bei den jungen Leuten = 108.

Auch innerhalb der verschiedenen Altersklassen tritt der Einfluss des Körpergewichtes deutlich hervor. So finden wir unter den Versuchen an jungen Leuten zwischen 22 und 31 Jahren, dass der Gesamtstoffwechsel bei Nr. 8 mit einem Körpergewicht von nur 55<sup>kg</sup> pro Kilogramm 36 WE beträgt, während er bei den schwereren Individuen Nr. 5 und 7 31.2 und 27.9 WE ist, und auch unter diesen hat der schwerere Mann den kleineren Stoffwechsel pro Kilogramm Körpergewicht.

Pro Quadratmeter Körperoberfläche sind die Zahlen für den Gesamtstoffwechsel bei den drei Altersgruppen im Mittel bzw. 1322.3, 1015.7, 924.9. Wird der letztere Werth = 100 gesetzt, so ist der Gesamtstoffwechsel bei den Knaben = 143 und bei den jungen Leuten = 110.

Bei den im zweiten Abschnitt mitgetheilten Versuchen fanden wir bei zweistündigen Versuchen die folgende Relation zwischen der pro Quadratmeter Körperoberfläche berechneten Kohlensäureabgabe bei Individuen von verschiedenem Alter.

Männliche Individuen (S. 79).      Weibliche Individuen (S. 91).

Nummer	Alter, Jahre	CO <sub>2</sub> pro Stunde und Quadratmeter; Relationszahlen	Nummer	Alter, Jahre	CO <sub>2</sub> pro Stunde und Quadratmeter; Relationszahlen
1	7	184	1	7	211
2	9	210	2	9	164
4	10	198	3	11	172
6	11	193	4	12	159
7	12	186	5	13	146
9	13	194	6	14	144
10	14	187	7	15	126
11	15	165	8	15	145
12	17	170	9	17	117
13	19	153	10	30	129
14	22	131	11	40—50	142
15	25	130	12	65	100
16	34	118			
17	44	117			
18	57	100			

Das Minimum der Kohlensäureabgabe während des Schlafes ist nach den im dritten Abschnitt zusammengestellten Versuchen pro Quadratmeter Körperoberfläche (S. 150).

Nummer	Alter, Jahre	CO <sub>2</sub> pro 2 Stunden und 1 <sup>qm</sup> Körperoberfläche; Relationszahlen
1	11	154
2	12	150
3	18	113
4	20	121
5	22	105
6	30	106
7	32	115
8	43	98
9	69	100
10	78	
11	84	

In dem vorliegenden Abschnitt haben wir endlich für den Gesamtstoffwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche bei gewöhnlicher Kost die folgenden Relationszahlen gefunden:



Nummer	Alter, Jahre	WE pro 24 Stunden und 1 <sup>qm</sup> Körperoberfläche; Relationszahlen
1	11	150
2	12	136
5	22	110
7	31	102
8	31	118
11	69	100
12	78	
13	84	

Aus allen diesen Versuchen geht also mit der grössten Bestimmtheit hervor, dass das Lebensalter und ganz besonders die Zeit des Wachsthum's an und für sich einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Grösse des Stoffwechsels ausübt und zwar so, dass sie pro Einheit der Körperoberfläche bei jugendlichen Individuen grösser ist als bei älteren.

Neuerdings hat Camerer den Satz ausgesprochen, dass der Nahrungsbedarf in jedem Alter im Grossen und Ganzen proportional der absoluten Grösse der Körperoberfläche ist.<sup>1</sup> Diesen Satz leitet er aus Beobachtungen über die von Kindern verschiedenen Alters genossene Nahrung her. Sehen wir aber nach, was seine eigenen Tabellen darthun, so werden wir finden, dass sie im Gegentheil vom zweiten Lebensjahre an mit unseren Ergebnissen ausserordentlich gut übereinstimmen, wie es aus dem folgenden Auszug aus der Tabelle XLV Camerer's hervorgeht.

Knaben.			Mädchen.		
Nr.	Alter, Jahre	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche	Nr.	Alter, Jahre	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	5—6	1680	1	2—4	1470
2	7—10	1440	2	5—7	1460
3	11—14	1250	3	8—10	1390
4	15—16	1220	4	11—14	1330
5	17—18	1200	5	15—18	930
			6	21—24	1150

<sup>1</sup> Camerer, *Der Stoffwechsel des Kindes*. Tübingen 1894. S. 109.

Hier findet sich nur eine einzige Ausnahme von der Regel, nämlich Mädchen Nr. 5, was aber dadurch leicht erklärlich ist, dass, wie Camerer selbst angiebt, die Nahrungszufuhr der Mädchen in diesem Alter geradezu ungenügend war.<sup>1</sup>

Dagegen zeigen die Energiemengen pro Quadratmeter Körperoberfläche bei Kindern im ersten Lebensjahre beträchtliche Schwankungen und überhaupt gar keinen regelmässigen Verlauf, wie aus der folgenden Zusammenstellung nach Camerer<sup>2</sup> ersichtlich ist.

Nummer	Alter, Wochen	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche	Nummer	Alter, Wochen	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	$\frac{3}{7}$	800	7	14	1330
2	1	900	8	20	1270
3	2	1020	9	40	1660
4	4	1190	10	52	1810
5	7	1420	11	59	1390
6	10	1380			

Der Gesamtstoffwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche steigt von der Geburt bis zur 7. Woche (Nr. 1 bis 5) regelmässig von 800 bis auf 1420 WE an. Dann folgt bis zur 20. Woche incl. eine Abnahme auf 1270 WE, darnach erscheint wieder, als das Kind Kuhmilch bekommt, eine Steigerung bis zum Ende des ersten Lebensjahres (1810 WE), welche ihrerseits, bei Ernährung mit gemischter Kost, von einer Abnahme (1390 WE in der 59. Woche) gefolgt war.

Man kann ja von vornherein nicht behaupten, dass diese Variationen lauter Zufälligkeiten sind, wie schwierig auch eine befriedigende Erklärung derselben erscheint. Jedenfalls erlauben sie aber nicht die von Camerer formulierte Schlussfolgerung, dass der Nahrungsbedarf im Grossen und Ganzen der absoluten Grösse der Körperoberfläche proportional ist.

<sup>1</sup> Camerer, a. a. O., S. 63.

<sup>2</sup> Camerer, a. a. O., S. 108.

## B. Versuche bei Hunger.

Diese Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körper- gewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	WE pro Quadratmeter
3	XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57.00	34.4	1032.2
4	XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71.18	32.2	1038.6
6	XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63.00	29.4	934.0
9	XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69.51	32.6	1071.0
10	XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83.51	26.3	916.5

Von diesen Versuchen muss wohl Nr. 3 (Versuch XLI) ausgeschlossen werden, weil die Versuchsperson während des Versuches Frühstück genoss. Die vier übrigen Versuche ergeben pro Kilogramm Körpergewicht im Maximum 32.2, im Minimum 26.3 WE, und pro Quadratmeter Körperoberfläche im Maximum 1038.6, im Minimum 916.5 WE.

Auch bei diesen Versuchen finden wir eine Andeutung von dem Einfluss des Lebensalters auf den Stoffwechsel. Sowohl pro Kilogramm Körpergewicht, als pro Quadratmeter Körperoberfläche nimmt in den Versuchen XXXI, XLIX und XLII der Gesamtstoffwechsel ab, und zwar so, dass sich derselbe pro Kilogramm Körpergewicht wie 122:111:100 und pro Quadratmeter Körperoberfläche wie 114:102:100 verhält.

Der Versuch XVII (Nr. 9) bildet von dieser Regel eine Ausnahme. Die Ursache davon liegt aber ziemlich klar: bei diesem Versuche war die Versuchsperson entschieden in einer bedeutend stärkeren körperlichen Bewegung, als dies bei den übrigen Versuchen der Fall war.

### § 3. Zusammenstellung unserer Ergebnisse mit früheren Beobachtungen.

Wir erlauben uns zum Schluss einen Vergleich zwischen unseren Beobachtungen und den Ergebnissen früherer Erfahrungen über den Gesamtstoffwechsel des erwachsenen Menschen zu machen.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen über die bei freigewählter Kost und verschiedenen strenger Arbeit genossene Nahrung hat der eine von uns vor einigen Jahren die folgende Tabelle ent-

worfen, in welcher die Netto-Kraftzufuhr (= dem Gesamtstoffwechsel) unter der Annahme berechnet worden ist, dass von dem Wärmerwerth der eingenommenen Nahrung 90 Procent im Darne ausgenützt worden sind.

Nummer	Charakteristik	Eiweiss; Gramm	Fett; Gramm	Kohle- hydrate; Gramm	Gesamte Kraftzufuhr WE	
					Brutto	Netto (10% Abzug)
1	Voit, Minimalbedarf	85	30	300	1868	1681
2	Gruppe A, Minimalbedarf	67	28	377	2064	1858
3	„ B,	84	56	399	2483	2235
4	„ I, Leichte Arbeit	88	39	512	2825	2538
5	Voit, mittlerer Arbeiter	118	56	500	3055	2749
6	Gruppe II, mittlere Arbeit	130	64	520	3257	2932
7	Voit, Soldat bei Manöver	135	80	500	3348	3013
8	Voit, Soldat im Felde	145	100	500	3575	3218
9	Gruppe III, strenge Arbeit	141	71	677	4020	3618
10	Gruppe IV, angestrenzte Arbeit	167	89	774	4685	4218

Unsere Resultate betreffend den Gesamtstoffwechsel bei alten Individuen, 1815 bis 1823 WE, fallen mit den sub Nr. 1 und 2 in der vorstehenden Tabelle aufgenommenen Zahlen für den Minimalbedarf sehr nahe zusammen. Dasselbe gilt auch von der Eiweissumsetzung, 61, 61 bzw. 79, im Mittel 67%, welche unter der Annahme, dass der Stickstoff der genossenen Nahrung mit einem Verlust von 20 Procent im Darne ausgenutzt wird, im Mittel einer Zufuhr von 84% Eiweiss entspricht.

Alle drei alten Leute, welche sich mit grosser Liebenswürdigkeit zu unserer Disposition gestellt hatten, waren für ihr Alter sehr rüstig und in allen Hinsichten normal. Die Nahrung stand ihnen in beliebiger Quantität zur Verfügung. Die in der Tabelle sub 1 und 2 aufgenommenen Werthe für den Minimalbedarf bei alten, nicht arbeitenden Menschen gewinnen durch unsere Beobachtungen eine, wie es uns scheint, wichtige Bestätigung.

Die Werthe für den Gesamtstoffwechsel bei unseren Hungerversuchen — bzw. 1964, 2292, 1853, 2268, 2194, Mittel 2114 WE — entsprechen am nächsten der Nettokraftzufuhr bei Nr. 3 (Gruppe B) in der vorstehenden Tabelle. Während der ganzen Versuchsdauer

<sup>1</sup> Tigerstedt, *Grundsatser för utspisningen i allmänna anstalter*. Stockholm 1891. S. 99.

ist aber kein wirklicher Hungerzustand bei unseren Versuchspersonen eingetreten. Die Versuchsergebnisse dürfen daher als Ausdruck für den Gesamtstoffwechsel bei körperlicher Ruhe bei gut nutrierten männlichen Individuen aufgefasst werden. Bei denselben erreicht der Stoffwechsel nicht denjenigen eines mittleren Arbeiters, er sinkt aber, was bemerkenswerth genug erscheint, nicht tiefer herab, als dass er etwa dem Stoffwechsel bei zahlreichen Fabrikarbeitern, Erdarbeitern in mehreren Ländern, u. s. w. entspricht.<sup>1</sup>

Es ist schon früher mehrmals hervorgehoben worden, dass diese Arbeiter keinen „mittleren Arbeiter“ im Sinne Voit's darstellen. Dies wird durch unsere Erfahrungen bestätigt, die ja zeigen, dass nichtarbeitende Individuen im Alter zwischen 20 und 44 Jahren beim Fasten einen etwa gleich grossen Stoffwechsel wie die betreffenden Arbeiter haben.

Die Menge des zersetzten Eiweisses hält sich bei den Hungerversuchen sehr hoch und schwankt zwischen 81 und 134 g; im Mittel beträgt sie 108 g. Wenn wir bedenken, wie die Eiweisszersetzung vor Allem von der Eiweisszufuhr abhängt, sowie dass die N-Ausscheidung im Verlauf des Hungertages im grossen Ganzen abgenommen hat, so können wir es nicht vermeiden, hierin einen Ausdruck dafür zu finden, dass unsere Versuchsindividuen bei frei gewählter Kost in der Regel ziemlich grosse Mengen von Eiweiss zu geniessen pflegen.

Der Gesamtstoffwechsel der Knaben ist, wie schon bemerkt, sehr gross, ebenso gross wie derjenige der alten Versuchspersonen und nur wenig geringer als der Gesamtstoffwechsel bei einem hungernden 30 jährigen Mann (Versuch XLIX). Auch ist die Eiweisszersetzung sehr beträchtlich: 87 bzw. 100 g. Wir glauben, dass wir uns nicht irren, wenn wir auch dieses als einen Ausdruck für die kräftige Lebens-thätigkeit des jungen Körpers auffassen, und hoffen einmal die Gelegenheit zu finden, dieser Frage an der Hand zahlreicherer Versuche näher treten zu können.

Die drei Erwachsenen im Alter zwischen 21 und 31 Jahren, welche während des Versuches ihre gewöhnliche Kost genossen, hatten einen Gesamtstoffwechsel von bzw. 2269, 2108 und 1979, im Mittel 2119 WE. Der Stoffwechsel war also hier im Mittel fast ebenso gross,

<sup>1</sup> Die Beobachtungen, welche dem sub 3 (Gruppe B) ausgeführten Mittelwerthe zu Grunde liegen, beziehen sich auf einen Maler in Leipzig (untersucht von Meinert), einen Mechaniker in München (untersucht von Forster), Seidenweber in Coventry, Handschuharbeiter in Yeovil, Weber in Derbyshire (untersucht von Simon).

wie bei den Hungerversuchen, welche ja alle an männlichen Individuen von etwa demselben Alter ausgeführt wurden. Auch die Eiweisszersetzung ist mit derjenigen in den Hungerversuchen fast identisch (im Mittel 106 %). Wir brauchen also hier nicht dasjenige zu wiederholen, was wir betreffs unserer Hungerer schon bemerkt haben.

Unser verhältnissmässig geringes Material erlaubt uns natürlich nicht, die Frage von dem thatsächlichen Bedarf des Menschen an Eiweiss eingehend zu erörtern. Wir können jedoch nicht umhin, hervorzuheben, wie auch unsere Erfahrungen dafür sprechen, dass der menschliche Körper, wenn die Gelegenheit dazu geboten wird, in der That dahin strebt, einen recht grossen Eiweissumsatz zu erreichen.

Uebrigens dürfen wir nicht unterlassen zu erwähnen, dass der aus unseren Versuchen an männlichen Individuen im Alter zwischen 20 und 44 Jahren hervorgehende Mittelwerth für die Eiweisszersetzung mit demjenigen, welchen Hultgren und Landergren bei ihrer Untersuchung über den Stoffwechsel bei frei gewählter Kost bei 6 Individuen in etwa derselben ökonomischen Stellung wie diejenige unserer Versuchspersonen mitgetheilt haben,<sup>1</sup> eine sehr gute Uebereinstimmung zeigt.

Bei den betreffenden Versuchen wurde der Harn während wenigstens 8 Tagen gesammelt und die dort eingehende N-Menge täglich bestimmt. Die aus der N-Menge berechnete Zersetzung von Eiweiss im Körper betrug im Mittel pro Tag

beim Versuch	I.	102 %	—	Anzahl der Beobachtungstage	16
	II. <sup>2</sup>	77 %			8
	III.	113 %			10
	IV.	120 %			10
	V.	144 %			8
	VI.	120 %			8
	Mittel	113 %.			

<sup>1</sup> Hultgren und Landergren, a. a. O., S. 34.

<sup>2</sup> Dieselbe Versuchsperson wie diejenige in unserem Versuch XLIX; der betreffende Versuch wurde November 1888 ausgeführt.

## Erklärung der Tafeln.

(Taf. I—V.)

- Tafel I. Querschnitt der Respirationskammer und des Apparatenzimmers.  
 „ II. Längendurchschnitt des Apparatenzimmers.  
 „ III. Längendurchschnitt der Respirationskammer.  
 „ IV. Grundplan der Respirationskammer und des Apparatenzimmers.  
 „ V. Fig. 1. Schema der Leitungen für die Probenahme der ausventil-  
 lerten Luft.  
 „ 2. Der Apparat zur Analyse der Kohlensäure.

## Bemerkungen.

1) Betreffs der Versuchsprotocolle muss noch bemerkt werden, dass da, wo die zusammengehörigen Analysen der Kohlensäure mit I und II bezeichnet sind, die eine Probe direct aus der Röhrenleitung, die andere aus dem Behälter (9, s. Seite 15) genommen ist. Wenn zwei oder mehrere Analysen mit *a*, *b*, *c* oder gar nicht näher bezeichnet sind, so sind die betreffenden Proben sämmtlich aus dem Behälter genommen.

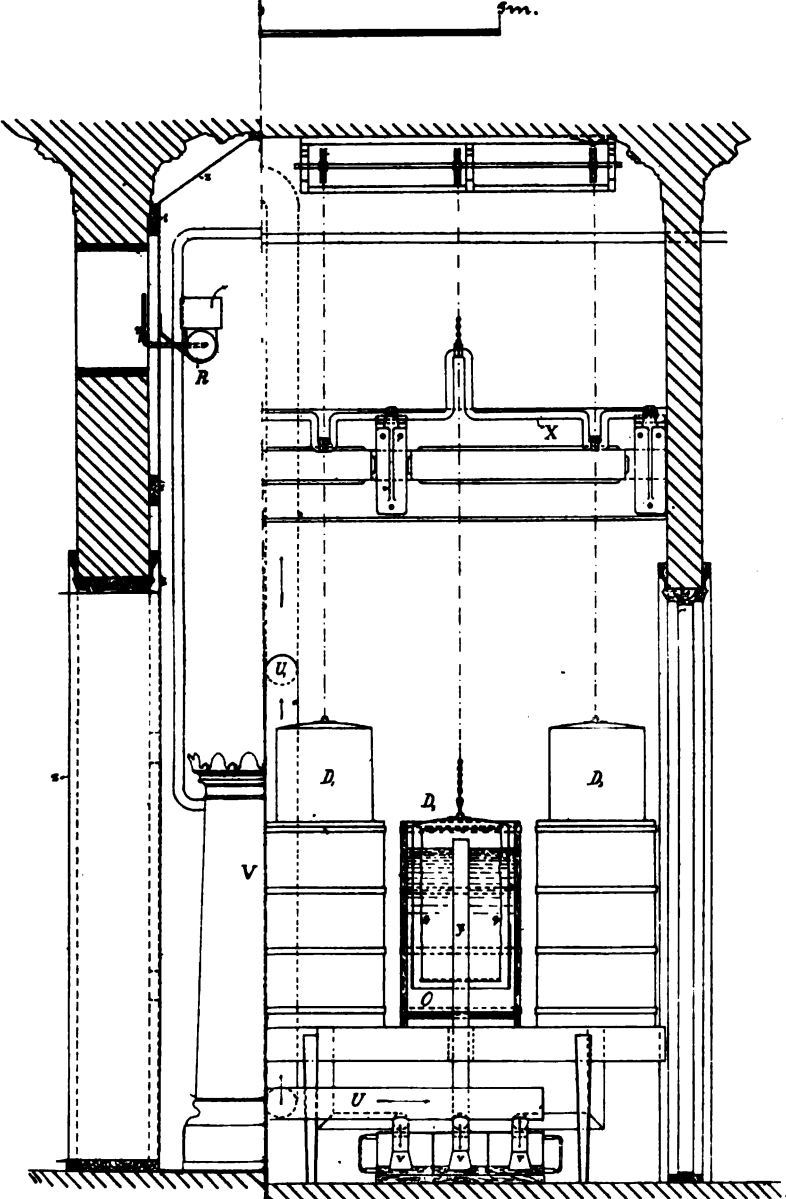
2) In den ersten zwei Bogen ist der Cubikmeter an mehreren Stellen mit **km** statt **obm** bezeichnet worden.

## Berichtigungen.

S. 107. Im Versuch XXXII sollen die CO<sub>2</sub>-Analysen mit I, II bezeichnet werden.

S. 124. Das Körpergewicht der Versuchsperson T. S. betrug vor dem Versuch 63·74 <sup>kg</sup>, nach dem Versuch 62·26 <sup>kg</sup>.

S. 125. Das Körpergewicht der Versuchsperson J. E. J. betrug nach dem Versuch 68·69 <sup>kg</sup>.



Entwurf v. H. A. Fink - Leipzig.





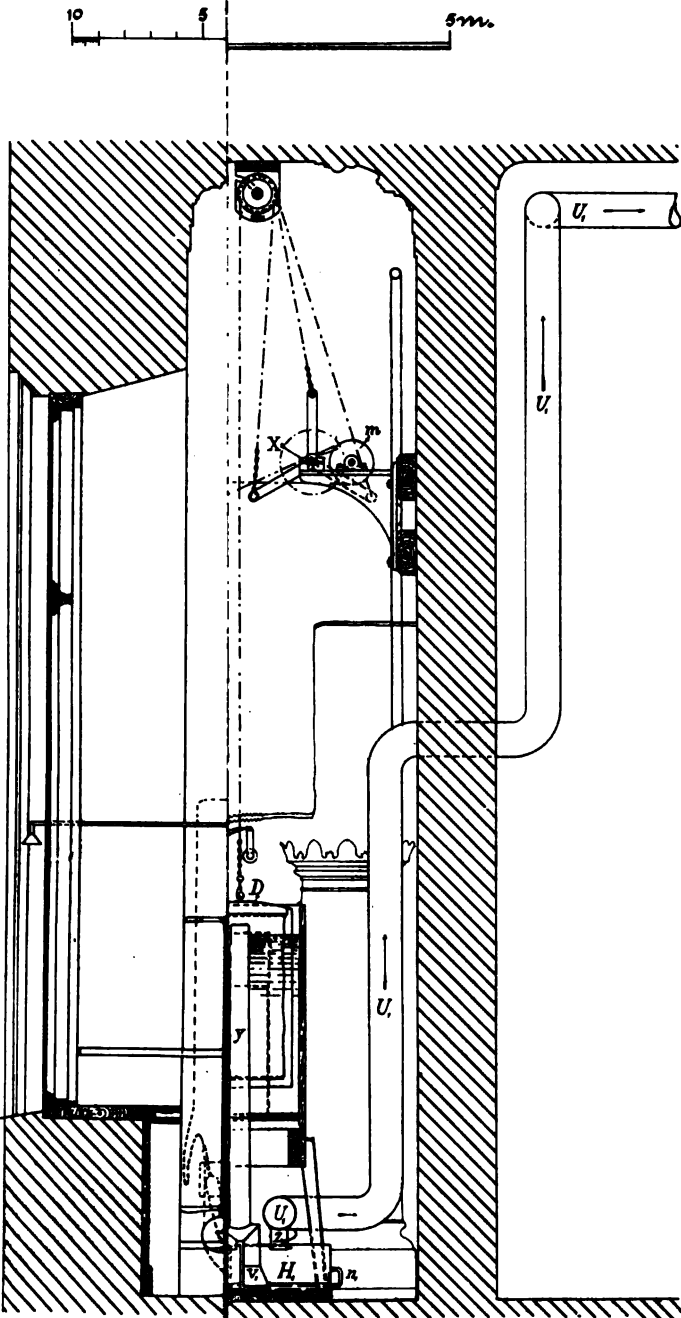
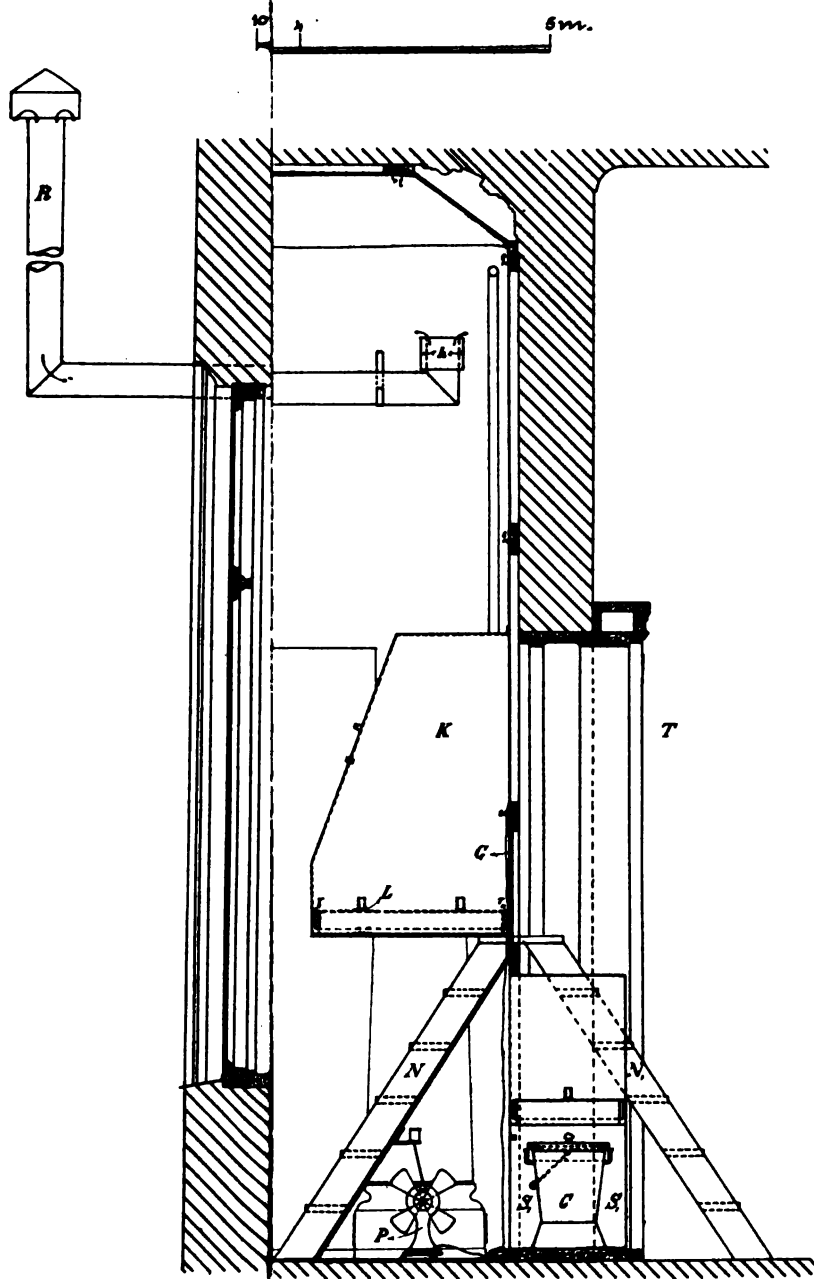


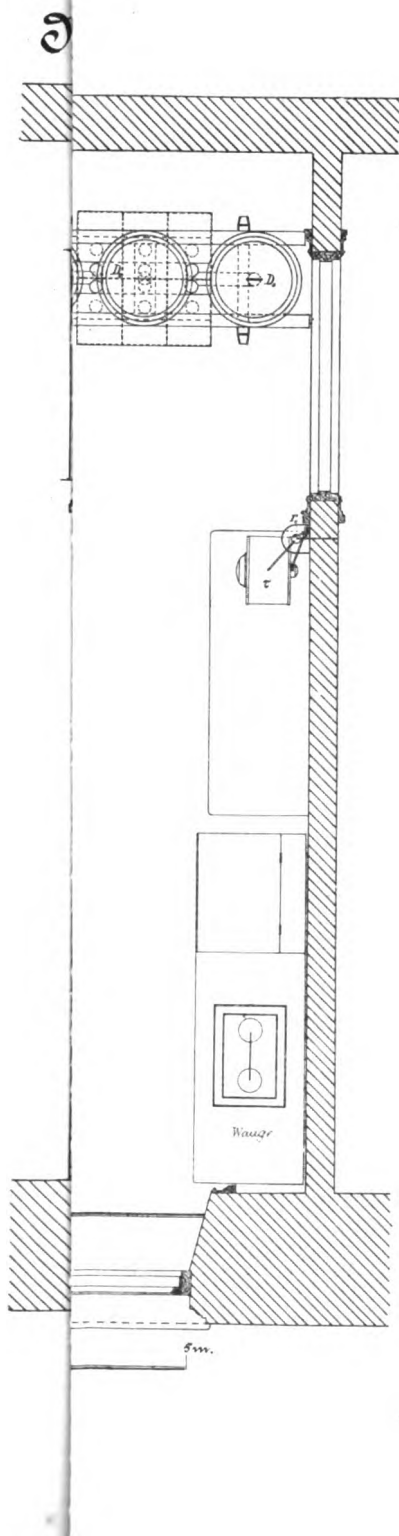
Illustration of a physiological apparatus.





Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

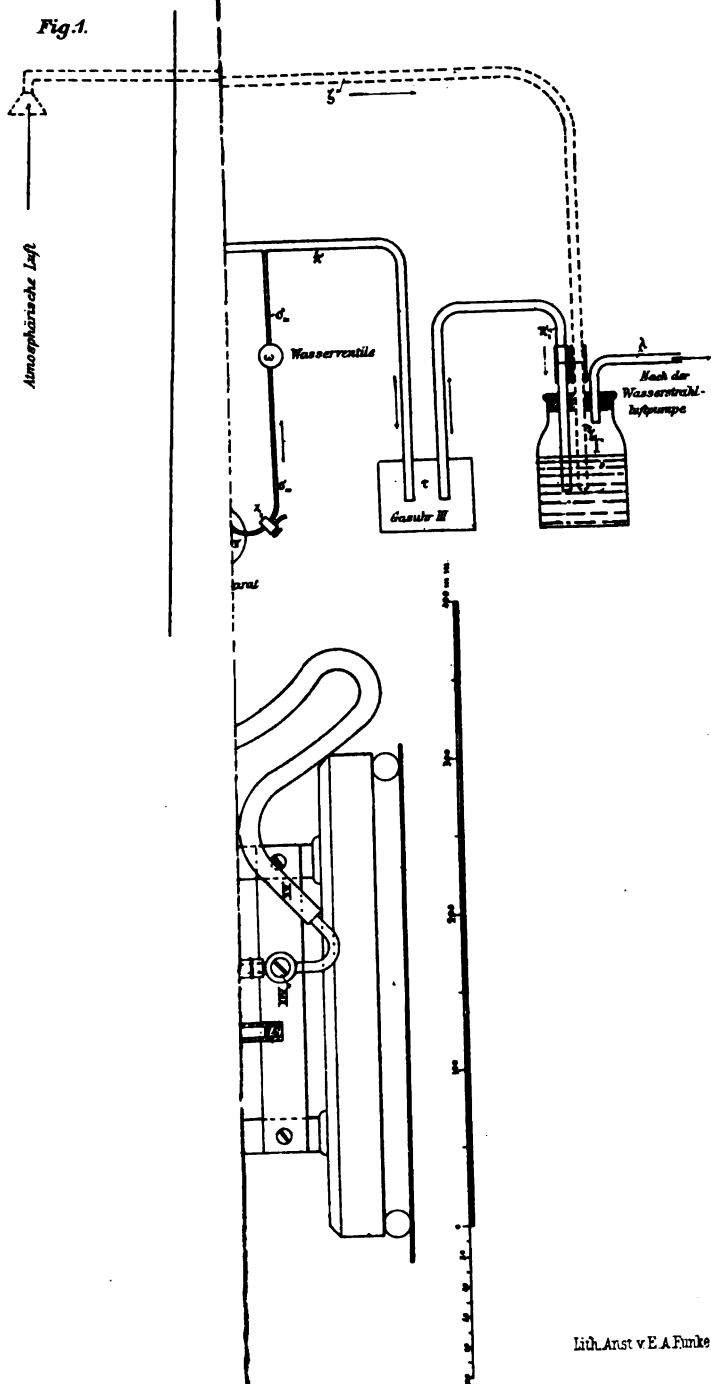




Lith. Anst. v. E. A. Funk, Leipzig.



Fig. 1.



Lith. Anst. v. E. A. Finkbe, Leipzig.





# Reflexe durch sensible Muskelnerven.<sup>1</sup>

Von

Stud. med. Ernst Tengwall.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. VI.)

---

Im Jahre 1867 zeigte Asp bei einer in Ludwig's Laboratorium ausgeführten Untersuchung, dass die electriche oder mechanische Reizung des centralen Stumpfes eines durchschnittenen Muskelnerven am Kaninchen (unvergiftet oder curarisirt) reflectorische Einwirkungen auf den Blutdruck ausübte. Dabei nahm der Blutdruck in der Regel und zwar in einigen Fällen beträchtlich, in anderen nur wenig zu. Zuweilen kam auch eine Druckabnahme zum Vorschein. Die Pulsfrequenz zeigte am häufigsten eine Zunahme, jedoch trat auch eine Abnahme der Pulsfrequenz nicht selten hervor.<sup>2</sup>

Einigermassen verschieden lauten die Versuchsergebnisse Kleen's. Bei mechanischer Muskelreizung von jeder beliebigen Stärke, d. h. bei mechanischer Reizung der Endapparate der sensiblen Muskelnerven, erhielt er constant eine Abnahme des Blutdruckes. Diese Drucksenkung dauerte stets nur eine ganz kurze Zeit, 10 bis 20 bis 30 Sekunden, und der Blutdruck stieg wieder auf seine frühere Stärke an, ja erreichte nicht selten vorübergehend einen noch höheren Werth. Die Pulsfrequenz war im Anfang der Reizung etwas verlangsamt; dieser Retardation folgte zuweilen eine geringe Beschleunigung.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 3. April 1895.

<sup>2</sup> Asp, *Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Cl.*, 1867, S. 183 folg.

<sup>3</sup> Kleen, *Dieses Archiv*. 1889. Bd. I, S. 247 folg.

Auch auf andere Theile des Körpers erstrecken sich die durch sensible Muskelnerven ausgelösten Reflexerscheinungen. Im Jahre 1874 zeigte nämlich Sachs an Fröschen, deren Reflexerregbarkeit durch subcutane Einspritzung von Strychnin oder Pikrotoxin künstlich gesteigert war, dass die elektrische Reizung des zum *M. sartorius* verlaufenden Nerven starke Reflexe an der ganzen Körpermusculatur auslöste, sowie dass auch die durch chemische Reizung (Ammoniak) hervorgerufenen Muskelcontractionen ähnliche Reflexe hervorriefen. In diesem Falle wurden natürlich die peripheren Endapparate der sensiblen Muskelnerven durch die Muskelcontraction gereizt.<sup>1</sup>

Um unsere Kenntniss der durch sensible Muskelnerven vermittelten Reflexe zu erweitern, habe ich auf Anregung von Herrn Prof. Tigerstedt eine diesbezügliche Reihe von Versuchen ausgeführt, deren Ergebnisse ich in dieser Abhandlung mittheilen werde.

Als Versuchsthiere dienten ausschliesslich Kaninchen, als Reize hauptsächlich Inductionsströme; gelegentlich kamen auch mechanische Reize zur Verwendung. Nachdem ich mich durch Präparationen an der Leiche davon überzeugt hatte, dass die Muskelzweige des *N. peroneus* zum Unterbein nur Fasern zu den Muskeln enthielten, benutzte ich den centralen Stumpf dieser Nerven als Erreger der Reflexe. In der Nähe dieser Nerven verläuft der sensible Theil des *N. peroneus* zum Fuss. Um Stromesschleifen auf diesen Hautnerven zu vermeiden, hielt ich es für nothwendig, dieselben so hoch wie möglich zu exstirpiren.

Die Dauer der Reizung betrug 8 bis 20 Secunden, in der Regel variierte sie zwischen 10 und 15 Secunden.

### 1. Blutdrucksreflexe.

Bei den hierher gehörigen Versuchen wurden die Thiere mit Curare, Curare + Chloral, Aether oder Urethan narcotisirt, oder auch wurde der Einfluss des Grosshirns durch Exstirpation desselben ausgeschlossen. Durch die Erfahrungen von Christiani<sup>2</sup> ist es ja bekannt, dass Kaninchen, welchen das Grosshirn durch einen unmittelbar vor den Sehhügel gelegten Schnitt entfernt worden ist, mehrere Stunden am Leben erhalten werden können und dabei in hohem Grade leistungsfähig bleiben. Es lag daher nahe, diese Exstirpation zu verwenden, um die Einwirkung des Grosshirns bei der

<sup>1</sup> Sachs, *Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth.* 1874. S. 188 folg.

<sup>2</sup> Christiani, *Zur Physiologie des Gehirns.* Berlin 1885. S. 14.

Untersuchung von Reflexen auszuschliessen. Denn welches Narcoticum auch benutzt werden mag, ist es immer mit grossen Schwierigkeiten verbunden, die Narcose genau so abzustufen, dass nur das Grosshirn vom Schlafmittel beeinflusst wird, und noch schwieriger ist es, während eines lange dauernden Versuches die Narcose die ganze Zeit hindurch in genau gleicher Stärke zu unterhalten.

Durch Exstirpation des Grosshirns werden diese Schwierigkeiten vermieden. Wie die Erfahrung mich gelehrt hat, braucht man, um dem vorliegenden Zweck vollständig genügende Ergebnisse zu erhalten, den trennenden Schnitt nicht so genau, wie es für Christiani's Aufgabe nothwendig war, an die vordere Grenze des Sehhügels zu legen. Nur darf der Schnitt nicht hinter die Vierhügel fallen; wenn aber ein Theil dieses Gehirntheilcs mitsammt dem Grosshirn entfernt wird, so wird die Brauchbarkeit des Versuchsthiercs zum vorliegenden Zwecke dadurch nicht im geringsten herabgesetzt.

Wie schon Christiani bemerkt hat, nehmen die Thiere, wenn die trennenden Schnitte nicht genau symmetrisch liegen, eine Zwangslage ein. Dies ist auch bei meinen Versuchen der Fall gewesen, hat aber ebenso wenig wie der eben angeführte Umstand die Reflexerregbarkeit beeinflusst. Wenn man nur dem Thiere gestattet, diese Zwangslage einzuhalten, so liegt es vollkommen ruhig. Sucht man es gewaltsam daraus zu bringen, so nimmt es sofort die Zwangslage wieder ein.

Meiner Erfahrung nach ist es nicht genügend, nur den trennenden Schnitt zu legen, man muss auch den abgetrennten Hirnthcil aus dem Schädel entfernen. Wenn dies unterlassen wird, stirbt das Thier innerhalb kurzer Zeit. Die Ursache davon liegt wahrscheinlich darin, dass das ergossene Blut keinen freien Abfluss hat, sondern nach dem Rückgratscanal fliesst und dabei einen Druck auf das Kopfmark ausübt, wodurch dieses allmählich seine Leistungsfähigkeit verliert. In der That habe ich bei der Section derartig operirter Thiere um das Kopfmark herum immer eine bedeutende Blutmenge gefunden.

Die Operation habe ich in der folgenden Weise ausgeführt. Nach Entfernung des Schädeldaches und ausgiebiger Eröffnung der Dura wurde ein Scalpellstiel vom hinteren Ende des Grosshirns in der Richtung von hinten oben nach vorn unten bis auf den Schädelgrund geführt, und das Grossgehirn sogleich aus der Schädelhöhle entfernt.

Wenn der Scalpellstiel gerade nach unten geführt wird, wird das Resultat, wegen der zu umfangreichen Zerstörung des Gehirns, ungünstig. Die Athmung findet dabei in Gruppen von 5 bis 6 Athemzügen statt; allmählich werden die Pausen immer länger und die Athemzüge schwächer, und innerhalb kurzer Zeit stirbt das Thier.

Bei regelrechter Führung des Scalpellstiels treten keine derartigen Störungen auf. Die in Folge der Operation entstandene Blutung steht bald von selbst, ohne jede Tamponade und ohne Bindung der Carotiden durch die Gerinnung des in die Schädelhöhle ausgetretenen Blutes. Der Blutdruck ist von normaler Höhe. 1 bis 2 Minuten nach der Operation athmen die Thiere wieder ruhig und gleichmässig (vgl. die Kurven Fig. 7 bis 9) und bleiben mehrere Stunden, jedenfalls länger als es für den Versuchszweck nöthig ist, am Leben.

Bei denjenigen Versuchen, wo Curare oder Curare + Chloral benutzt wurde, um die Thiere zu immobilisiren, wurden etwa 3 bis 4  $\text{cm}^3$  einer 0.1 procentigen Curarelösung in die V. jugularis ext. eingespritzt. Um einen gleichmässigeren Blutdruck zu erhalten, wurden bei einigen Versuchen mit Curare allein die beiden Carotiden unterbunden. Wo Aether zur Verwendung kam, athmeten die Thiere das Narcoticum aus einer kleinen, mit der Trachealcanüle verbundenen Flasche. Das Urethan wurde mittels einer Sonde in den Magensack eingeführt, und erst eine halbe Stunde darnach die operativen Eingriffe gemacht.

Sonst wurden alle Operationen — Einbindung der Trachealcanüle und der Carotiscanüle, Präparation der Muskelnerven, Blosslegung und Exstirpation des Gehirns — bei Aethernarcose ausgeführt.

Ich stelle zuerst die Versuche an vergifteten Thieren zusammen.

Wenn der oben erwähnte sensible Zweig des N. peroneus exstirpirt war, trat in Folge der Reizung der sensiblen Muskelnerven immer und ohne Ausnahme eine Druckabnahme ein.

Als Belege theile ich Fig. 1 bis 4, Taf. VI, mit. In allen diesen sowie in den folgenden Figuren giebt die untere Linie die Zeit in Secunden an; die Reizung findet während der Erhebung der Zeitlinie statt. Fig. 1: Curare + Chloral, 2 Leclanché, Rollenabstand 5  $\text{cm}^2$ ; Fig. 2: Curare allein, 2 Leclanché, Rollenabstand 0  $\text{cm}^2$ ; Fig. 3: Aether, 2 Leclanché, Rollenabstand 15  $\text{cm}^2$ ; Fig. 4: Urethan, 2 Leclanché, Rollenabstand 11  $\text{cm}^2$ . Sämmtliche Kurven sind von rechts nach links zu lesen. Die Zeitlinie liegt in Fig. 1: 2.3  $\text{cm}^2$ , in Fig. 2: 3.9  $\text{cm}^2$ , in Fig. 3: 4.1  $\text{cm}^2$  und in Fig. 4: 3.0  $\text{cm}^2$  oberhalb der Abscisse des Manometers.

Die betreffende Drucksenkung fängt im Allgemeinen bei einem Rollenabstand von 17 bis 15  $\text{cm}^2$  an (du Bois-Reymond's Schlittenapparat, 600 Windungen in der primären und 10 250 Windungen in der secundären Spirale, 2 Leclanché). Ihre Grösse nimmt mit der Stromstärke bis zu einer gewissen Grenze zu. Wird diese erreicht, so vermögen sogar sehr starke Ströme keine grössere Drucksenkung hervorzurufen.

Der Blutdruck erreicht wenige Secunden nach Anfang der Reizung sein Minimum und steigt dann, trotz fortgesetzter Reizung, wieder an, so dass er schon innerhalb weniger (in der Regel 10 bis 15) Secunden, zuweilen erst nach einer geringen Steigerung, seinen früheren Werth wieder erreicht.

Die Pulsfrequenz wird von der Reizung der sensiblen Muskelnerven nur wenig beeinflusst. Bei Vergiftung mit Curare + Chloral und mit Urethan beobachtete ich eine Abnahme von 1, höchstens 2 Herzschlägen auf 10 bis 15 Secunden, oft zeigte sich aber gar keine Veränderung. Auch bei der Aethernarcose ist die Pulsfrequenz in der Regel unverändert; in einigen Fällen erschien eine geringe Verlangsamung, in anderen dagegen, besonders wenn zu gleicher Zeit die Athmung reflectorisch beeinflusst wurde, eine geringe Beschleunigung (1 bis 2 Herzschläge auf 10 Secunden).

Bei Thieren, an welchen diese constante Druckabnahme bei Reizung sensibler Muskelnerven auftrat, reizte ich ausserdem noch die sensiblen Aeste des N. peroneus an der anderen Seite des Körpers. Bei Curare + Chloral, Curare allein und Aether trat dabei in den meisten Fällen eine Drucksteigerung hervor. Bei Urethan wurde dagegen nur eine Drucksenkung erhalten.

Auch wenn der sensible Zweig des N. peroneus nicht exstirpirt war, erhielt ich sehr oft bei Reizung der sensiblen Muskelnerven eine Druckabnahme bei Curare + Chloral, Aether, und Curare allein (bei Urethan wurden die Hautnerven in allen Versuchen exstirpirt). Nicht selten trat aber statt dessen eine Drucksteigerung von wechselnder Grösse hervor. Ich glaube jedoch, dass diese Drucksteigerung nicht von den sensiblen Muskelnerven, sondern von Stromschleifen auf den in ihrer Nähe verlaufenden sensiblen Hautnerven bedingt gewesen ist. Als Stütze dieser Auffassung bemerke ich, dass die betreffende Steigerung nie erschien, wenn der Zweig des N. peroneus zum Fuss vor der Reizung exstirpirt worden war. Die Drucksteigerung scheint also von Stromschleifen auf diesen Nervenzweig bedingt zu sein, was übrigens mit der Thatsache gut übereinstimmt, dass der sensible Hautnerv eine Drucksteigerung bei denselben Thieren hervorrief, wo die Reizung der genau isolirten sensiblen Muskelnerven stets eine Druckabnahme ergab.

Bei denjenigen Versuchen, wo das Grosshirn entfernt worden war, war der sensible Hautnerv immer exstirpirt. Die Reizung der sensiblen Muskelnerven ergab constant eine Abnahme des Blutdruckes, welche mit der bei den vergifteten Thieren erscheinenden vollständig übereinstimmte (siehe Taf. VI, Fig. 5, 2 Leclanché, RA 15; die Abscisse des

Manometers liegt 2·9<sup>cm</sup> unterhalb der Zeitlinie). Der Blutdruck sinkt nicht allzu langsam herab, beginnt dann, trotz der Reizung, wieder anzusteigen und erreicht endlich den Werth vor der Reizung oder einen noch höheren. Die Druckabnahme erscheint in der Regel erst beim Rollenabstand 15<sup>cm</sup> und nimmt mit der Stärke der Reizung bis zu einer gewissen Grenze, welche nicht überschritten wird, zu.

Auch wenn einem solchen Thiere Curare in die V. jugularis ext. eingegossen wird, kommt die reflectorische Druckabnahme bei Reizung sensibler Muskelnerven zum Vorschein, trotzdem dass der Blutdruck schon durch das Curare und die künstliche Athmung an und für sich abnimmt.

Auch bei Reizung der sensiblen Hautnerven an solchen Thieren beobachtete ich in der Regel eine Druckabnahme. Jedoch kam auch eine nicht unbedeutliche Drucksteigerung gelegentlich zum Vorschein (das Thier hatte Curare bekommen).

In dieser Versuchsreihe zeigte sich bei der Reizung sensibler Muskelnerven keine Veränderung oder auch eine unbedeutende Verlangsamung der Pulsfrequenz. In einem einzigen Falle habe ich eine etwas erheblichere Verlangsamung beobachtet (siehe Taf. VI, Fig. 6, RA 14·5; die Abscisse liegt 3·4<sup>cm</sup> unterhalb der Zeitlinie).

---

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die electriche Reizung der sensiblen Muskelnerven eine reflectorische Abnahme des Blutdruckes hervorruft. Diese Abnahme hat nur eine kurze Dauer, und innerhalb 15 Secunden hat der Blutdruck in der Regel seine frühere Höhe wieder erreicht oder ist noch höher gestiegen, um dann wieder zur normalen Höhe herabzusinken.

Die Druckabnahme ist insofern von der Stärke der Reizung bedingt, dass sie mit zunehmender Reizstärke bis zu einer gewissen Grenze (etwa 5 bis 8<sup>cm</sup> RA bei 2 Leclanché in der primären Rolle) zunimmt. Eine noch stärkere Reizung bedingt keine stärkere Druckabnahme, hat aber auch keine Drucksteigerung zur Folge.

Die Pulsfrequenz wird durch die sensiblen Muskelnerven nur in geringem Grade beeinflusst. Oft wird sie gar nicht verändert, in einigen Fällen nimmt die Pulsfrequenz um 1 bis 2 bis höchstens 4 Schläge in 15 Secunden ab.

Diese Ergebnisse stimmen mit denjenigen, die Kleen bei mechanischer Reizung der Endapparate der betreffenden Nerven im Muskel erhalten hat, vollständig überein.

## 2. Muskelreflexe.

Meines Wissens sind bisher die durch sensible Muskelnerven hervorgerufenen Muskelreflexe an warmblutigen Thieren nie untersucht worden, und auch die von Sachs am Frosche beschriebenen Muskelreflexe wurden nur an Thieren beobachtet, deren Nervensystem hinsichtlich seiner Reflexerregbarkeit durch Gifte künstlich verändert worden war.

Meine Beobachtungen über die Muskelreflexe sind hauptsächlich an Thieren gemacht, an welchen in der oben beschriebenen Weise das Grosshirn entfernt worden war. Aber auch bei Thieren, welche mit Aether oder mit Urethan betäubt waren, erhielt ich bei centraler Reizung sensibler Muskelnerven ziemlich verbreitete Muskelbewegungen.

Bei denjenigen Thieren, an welchen das Grosshirn sowie der Hautzweig des N. peroneus extirpiert worden waren, traten die Muskelreflexe ausserordentlich leicht hervor. Der Muskelnerv war bei der Reizung mittels eines Fadens erhoben und also durch die Luft vom übrigen Körper isolirt. Bei meinem ersten hierher gehörigen Versuch war die primäre Rolle des Inductoriums von einem alten Trockenelement gespeist. Bei schwingendem Hammer wurden die Inductionsschläge erst bei einem Rollenabstand von 18<sup>cm</sup> an der Zunge gefühlt. Dessen ungeachtet erschienen beim Rollenabstand von 42<sup>cm</sup> ziemlich starke Contractionen der Glutaealmuskeln und der Schwanz wurde etwas gehoben. Je nachdem die Stärke des Stromes erhöht wurde, traten neue Contractionen, zuerst in den Hinterbeinen, dann in den Vorderbeinen und im Allgemeinen zuerst an der gereizten Seite auf. Endlich kam eine ausgeprägte Opistotonusstellung zum Vorschein. Bei sehr starker Reizung bekam das Thier klonische Krampfzuckungen.

Unmittelbar nach einer starken Reizung konnte eine wiederholte Reizung keine Reflexe auslösen. Erst wenn das Thier sich während einiger Minuten erholt hatte, traten die Muskelreflexe wieder auf.

Auch bei mechanischer Reizung mittels einer Pincette wurden starke Muskelreflexe erhalten; ebenso bei chemischer Reizung (10 proc. NaCl-Lösung), jedoch nach einer ziemlich langen Latenzdauer.

In anderen Versuchen wurde das Inductorium von 1 Leclanché gespeist, wobei die Inductionsströme bei 27<sup>cm</sup> Rollenabstand an der Zunge gefühlt wurden. Hier traten die ersten Muskelreflexe, Contractionen in der Glutaealgegend, beim Rollenabstand von 42<sup>cm</sup> auf. Bei stärkerer Reizung breiteten sich die Muskelreflexe in derselben Weise wie in dem eben erwähnten Versuch aus: zuerst Contractionen der



Hinterbeine, dann der Vorderbeine und Rückwärtsbeugung des Kopfes. Bei sehr starken Strömen erschien ein tonischer Krampf. Die Thiere nahmen eine ausgesprochene Opistotonusstellung mit ausgespreizten Beinen ein. Sogleich nach Ende der Reizung hörte der Tetanus auf.

Die Dauer der Reizung war immer kurz, denn die starken Muskelreflexe machten es äusserst schwierig, den Nerv auf den Electroden zu behalten.

Mechanische Reizung rief auch in diesen Versuchen Muskelreflexe hervor.

Die sensiblen Muskelnerven sind also in einem ausserordentlich hohen Grade befähigt, Muskelreflexe auszulösen und diese Reflexe erscheinen bei Reizung der sensiblen Muskelnerven beträchtlich leichter als andere Reflexe.

Endlich versuchte ich Muskelreflexe unter alleiniger Vermittlung des Rückenmarkes zu erhalten. Zu diesem Zwecke durchtrennte ich unter Aethernarcose das Halsmark zwischen dem ersten und zweiten Wirbel und unterhielt eine künstliche Athmung. Um die unmittelbaren Shokwirkungen der eingreifenden Operation auszuschliessen, fing ich erst nach 3 Stunden mit der Reizung der sensiblen Muskelnerven an. Während dieser Zeit wurden die Thiere durch warme Flaschen vor Abkühlung geschützt.

Bei diesen Versuchen erhielt ich aber nur negative Resultate: weder schwache, noch starke Reizungen vermochten eine Spur einer Muskelcontraction auszulösen. Wie bekannt, ist das Rückenmark des Kaninchens nicht sehr leistungsfähig, und es ist also möglich, dass an einem anderen Thiere, z. B. Katze, günstigere Ergebnisse erhalten werden könnten.

### 3. Athemreflexe.

Die hierher gehörigen Versuche sind nur an Thieren, welchen das Grosshirn und der sensible Zweig des N. peroneus zum Fuss extirpirt waren, ausgeführt.

In die Luftröhre wurde eine Canüle eingeführt und diese mit einer grossen Flasche verbunden. Die bei der Athmung auftretenden Volumenschwankungen der Luft in der Flasche wurden mittels eines genau aequilibrirten Spirometers geschrieben.<sup>1</sup>

In der Regel ergaben sämtliche Versuche sehr übereinstimmende Resultate, welche ich im Anschluss an ein concretes Beispiel jetzt darlegen werde.

<sup>1</sup> Vgl. Lindhagen, *Dieses Archiv*. 1892. Bd. IV, S. 297.

Nachdem das Thier tracheotomirt worden war, wurde die Athmung geschrieben. Das Thier machte 35 Respirationen in 20 Secunden (Fig. 7; die Athmungskurven sind von links nach rechts zu lesen). Nach Blosslegung des Gehirns und den anderen Operationen, welche in Aethernarcose ausgeführt wurden, wurde die Athmung wieder registriert (Fig. 8). Die Athemzüge sind jetzt fast doppelt so gross, wie gleich nach der Tracheotomie und zu gleicher Zeit seltener: 28 in 20 Secunden.

5 Minuten nach der Exstirpation des Grosshirns wurde die Athmung wieder geschrieben (Fig. 9). Die Athemzüge sind etwas kleiner als vor der Exstirpation (Fig 8), ihre Frequenz beträgt 27 in 20 Secunden.



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.

Nach Lüftung der Flasche wurde die Registrirung der Athembewegungen wieder aufgenommen, und der sensible Muskelnerv gereizt. Bei 20 und 18<sup>cm</sup> Rollenabstand (1 Leclanché in der primären Spirale) erhielt ich gar keine Wirkung auf die Athmung.

Dem Thierte wurde jetzt eine Viertelstunde zur Erholung gegönnt, wonach der Muskelnerv beim Rollenabstand von 13<sup>cm</sup> gereizt wurde. Nun wird die Athmung (Fig. 10) erheblich beeinflusst. Nach ein paar

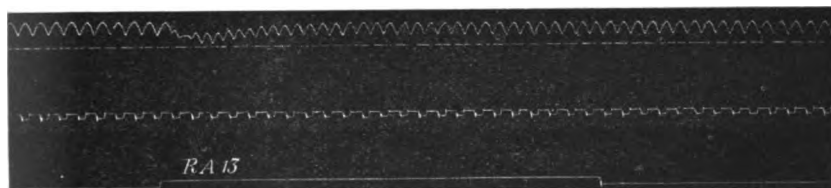


Fig. 10.

kleinen Athemzügen, welche durch sehr seichte Expirationen gekennzeichnet sind, ist die Respiration wieder gleichmässig. Die vitale Mittelstellung der Lungen ist jetzt aber tiefer, die Athemzüge kleiner und frequenter. Binnen Kurzem und zwar schon vor dem Ende der Reizung stellt sich die vitale Mittelstellung auf ihren ursprünglichen Werth wieder ein, die Zunahme der Frequenz dauert aber noch nach dem Ende der Reizung und geht nur allmählich vorüber. Während die Frequenz der Athemzüge vor der Reizung 29 in 23 Secunden

betrug, ist sie während derselben 33, und 23 Secunden nach derselben 31.

Zwei weitere Reizungen (Fig. 11, RA 14; Fig. 12, RA 15) geben ganz ähnliche Resultate. Nur stellt sich die vitale Mittelstellung der Lungen schneller als in Fig. 10 auf ihren früheren Werth ein.

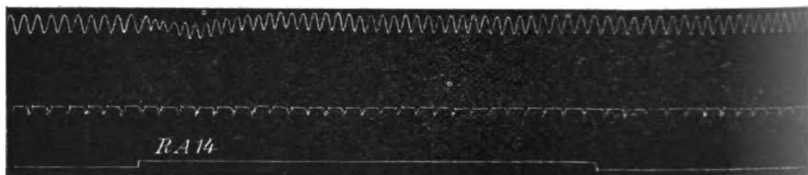


Fig. 11.

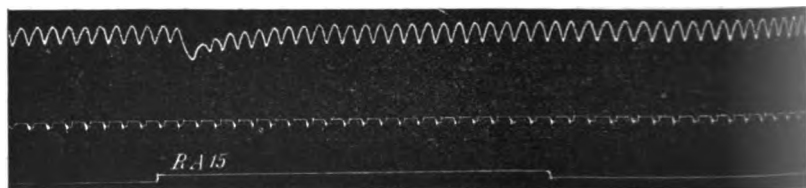


Fig. 12.

Wie gesagt habe ich in einem einzigen Versuche entgegengesetzte Wirkungen bei Reizung der sensiblen Muskelnerven erhalten. Die Reizung hat hier (Fig. 13) eine ausgesprochen expiratorische Wirkung:

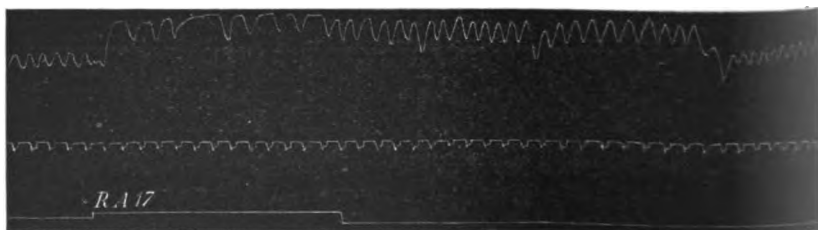
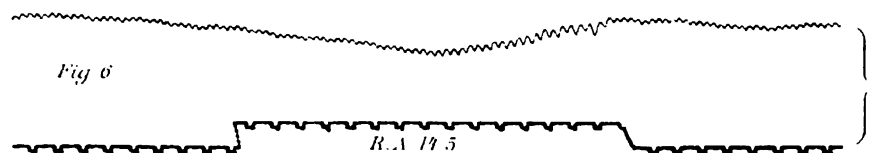
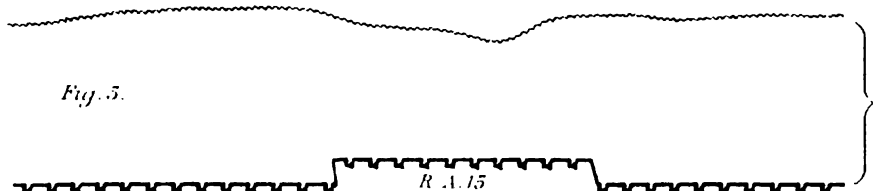
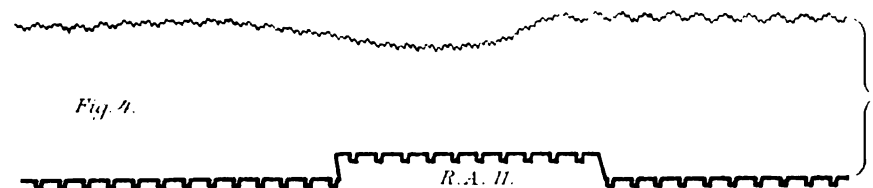
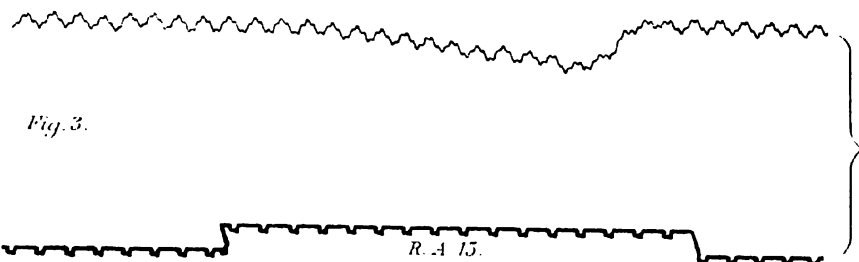
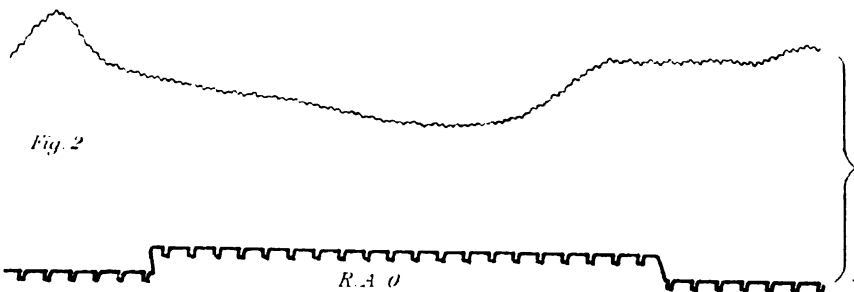
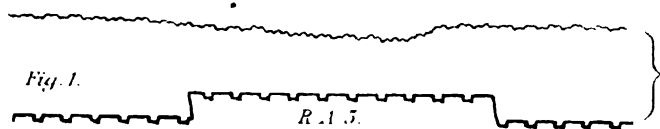


Fig. 13.

gehabt. Die Athemzüge sind grösser und expiratorische Stillstände treten nicht selten auf. Bei den übrigen Versuchen bin ich nur ein paar Mal einer derartigen Erscheinung begegnet.

Wie sich die Athmung bei noch stärkerer Reizung der sensiblen Muskelnerven verhält, habe ich nicht ermitteln können, weil dabei starke Muskelreflexe auftreten, dass die Athmungskurve dadurch ganz entstellt wird.





Die centrale Reizung der sensiblen Muskelnerven an Thieren, an welchen das Grosshirn entfernt worden ist, hat also in der Regel die folgenden Wirkungen auf die Athmung:

1. Die vitale Mittelstellung der Lungen wird vorübergehend eine tiefere und geht binnen Kurzem auf ihren früheren Werth zurück.

2. Die Grösse der Athemzüge nimmt ab.

3. Die Athmung wird beschleunigt, und die Beschleunigung dauert eine Zeit nach dem Ende der Reizung fort.

Des Vergleiches halber habe ich auch einige Versuche mit Reizung der sensiblen Hautzweige des N. peroneus ausgeführt und erhielt dabei sowohl expiratorische als inspiratorische Wirkungen. Bei jenen trat eine Verlangsamung der Athemzüge, welche zu gleicher Zeit umfangreicher wurden, auf; oft kamen expiratorische Stillstände zum Vorschein. Die inspiratorischen Wirkungen waren erheblich geringer als bei der Reizung der sensiblen Muskelnerven.

---

# Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Elasticität des ruhenden Muskels.<sup>1</sup>

Von

A. F. Malmström.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

Untersuchungen hierüber sind von Schmulewitsch<sup>2</sup> und Boudet de Paris<sup>3</sup> ausgeführt. Beide kamen zu dem Resultate, dass die Wärme die Elasticität des Muskels vergrößert. Auch findet Boudet, dass bei Erhöhung der Temperatur die Elasticität vollkommener wird.

Bei den Versuchen, welche ich über den Einfluss der Temperatur auf die Elasticität angestellt habe, wurde der von Herrn Prof. M. Blix construirte und in die Physiologie eingeführte sogenannte Muskel-indicator angewandt. Nähere Auskunft über den Apparat und seine Arbeitsweise kann ich mir ersparen, indem ich auf die Beschreibung desselben von Blix hinweise.<sup>4</sup>

Eine bei den einzelnen Versuchen identische Belastungsweise des Muskels wurde folgendermassen erhalten: Senkrecht unter der Axe des Hebels ist ein Metallbügel angebracht, zwischen dessen Schenkeln ein Rahmen eingepasst ist, welcher sich um eine Axe parallel derjenigen des Hebels bewegt.

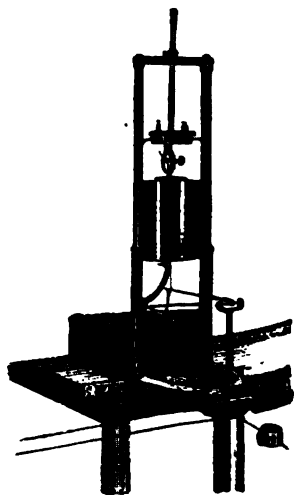


Fig. 1.

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 10. Mai 1895.

<sup>2</sup> *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1870 S. 609.

<sup>3</sup> Thèse pour le Doctorat en Médecine par Boudet de Paris. *De L'Elasticité musculaire.* Paris 1880.

<sup>4</sup> *Dieses Archiv.* Bd. III, S. 399 folg.

kann. Mit der oberen Kante dieses Rahmens ist ein Stahlarm, der mit einem verstellbaren Gewichte versehen ist, fest verbunden. In dem Rahmen steckt ein um eine gegen den Hebel senkrechte Axe bewegliches Rad, an welchem noch ein Stahlarm mit einem eben so grossen Gewichte befestigt ist. Die Gewichte werden so eingestellt, dass sie sich völlig äquilibriren, wenn die Stahlarme mit einander einen Winkel von  $180^\circ$  bilden. Ist nun der Muskel mit dem Hebel des Indicators vereinigt und dieser mit dem Belastungssysteme, so übt in dieser Lage das System keine Spannung auf den Muskel. Das bewegliche Gewicht kann mittels einer um das Rad laufenden Schnur von einem mit constanter Geschwindigkeit rotirenden Motor herumgetrieben werden. Das Belastungsverfahren ist folgendes: Nachdem der Motor in Bewegung gesetzt ist, wird ein Anschlag, der die Umdrehung des Rades hindert, weggeräumt, dieses macht einen Umgang und wird von dem Anschlag, sobald es zur Ausgangslage zurückkommt, wieder aufgefangen. — Hierdurch ist gewonnen, dass die Belastungsprocedur bei den einzelnen Dehnungen unveränderlich dieselbe bleibt.

Die erste Aufgabe war natürlich zu ermitteln, unter welchen Bedingungen ich das Recht hatte, der Temperatur die etwaige Veränderung der Elasticitätsverhältnisse zuzuschreiben. Für diesen Zweck wurden einige Dehnungen ohne Veränderung der Temperatur ausgeführt. Es ergab sich dann, dass das Muskelpreparat — die Adductoren des *Rana temporaria* — nach der ersten Dehnung in der Regel seine ursprüngliche Länge nicht wieder einnahm. Wenn es nach dieser ersten Dehnung eine gewisse unveränderliche Länge angenommen — als unveränderlich habe ich sie angesehen, wenn sie sich binnen 10 Minuten nicht merklich änderte —, ist es zum zweiten Male gedehnt worden. Allmählich geht nun der Muskel nach dieser Dehnung ebenso wie nach den folgenden zu der nach der ersten Dehnung erhaltenen constanten Länge zurück. Wartet man die Zeit ab, bis der Muskel seine vorige Länge zurückerhält, so trifft ein, dass die zweite, dritte u. s. w. Dehnungscurven zusammenfallen. Wartet man dagegen diese Zeit nicht ab, dann rückt die ganze Curve nach unten. Dadurch kommt eine scheinbar grössere Verlängerung zu Stande und die Vergleichung wird erschwert. Gilt es also, den Einfluss der Temperatur zu untersuchen, so ist es klar: I. dass man sich der zweiten, dritten u. s. w. Dehnungscurve bedienen kann, aber nicht der ersten; II. dass nach jeder Dehnung der Muskel seine vorherige Länge wieder erhalten muss.

Die Versuche sind nun unter Berücksichtigung des vorher Gesagten in folgender Weise ausgeführt. Mit derselben Lage der Schreibplatte ist zuerst eine Curve, z. B. bei Abkühlung des Muskels gezeichnet



und nachher eine bei Erwärmung. Darnach ist die Schreibplatte etwas verschoben und sind zwei neue Curven geschrieben worden, aber in umgekehrter Ordnung

Auch bin ich schrittweise von höheren zu niedrigeren Temperaturen und wieder zu höheren zurückgegangen. Ist die Temperatur das einzige Variable, welches die Form der Curve verändert, so muss die erste Curve gleich der letzten sein, die zweite der nächst letzten u. s. w.

Bei anderen Versuchen ist mit einer mittleren Temperatur begonnen und, nachdem bei etwa 5° höherer sowie bei 5° niedrigerer u. s. w.

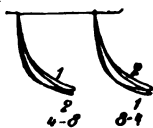


Fig. 2.

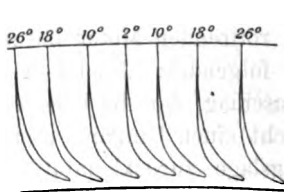


Fig. 3.

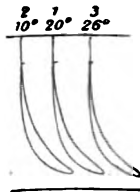


Fig. 4.

Temperatur gedehnt worden, die Schreibplatte so verschoben, dass die Curven nach steigender oder fallender Temperatur angeordnet wurden.

Betrachten wir die nach diesen Methoden erhaltenen Curven, so ergibt sich, dass bei höherer Temperatur die Belastungs- und Entlastungscurven einander näher liegen, weniger gekrümmt sind und dass die Verlängerung eine grössere ist.

Auch die Zeit, welche vergeht, bis der Muskel seine endliche Länge erhält, ist von der Temperatur abhängig. Sie ist kleiner, je höher die Temperatur.

Dies gilt von Temperaturen von 2 bis etwa 25° C. Wird die Temperatur darüber erhöht, tritt ein neues Verhältniss, auf welches früher Samkowsky<sup>1</sup> die Aufmerksamkeit gelenkt, ein. Es findet eine Verkürzung des Muskels statt, welche grösser ist, je mehr sich die Temperatur der Coagulationstemperatur nähert.

Diese Erscheinungen stehen in strenger Uebereinstimmung mit der von Blix gegebenen Erklärung der secundären Elasticität des

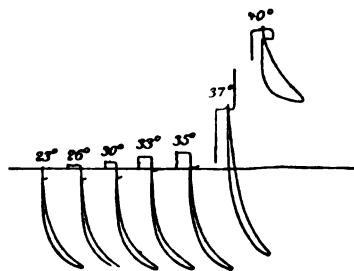


Fig. 5.

<sup>1</sup> *Archiv f. d. g. Physiologie*. Bd. IX, S. 399.

Muskels.<sup>1</sup> „Die physikalischen Kräfte (des Muskels) sind Elasticität und Reibung, jene an die festen Gewebselemente des Muskels gebunden ..., diese auch an die plastischen und flüssigen Gebilde in und zwischen den Muskelröhren geknüpft.“<sup>2</sup> Diese innere Reibung bietet eine einfache Erklärung der oben genannten Verhältnisse. Die Consistenz der meisten plastischen und flüssigen oder halbflüssigen Gebilde wird ja in der Weise von der Temperatur beeinflusst, dass sie mit Erniedrigung derselben fester wird. Wird aber die Consistenz fester, dann muss auch die innere Reibung grösser, der Widerstand gegen Deformirung erhöht, die Verlängerung vermindert und verzögert, die elastische Nachwirkung gesteigert werden.

Es giebt noch ein Verhältniss, welches dafür spricht, dass bei erhöhter Temperatur die innere Reibung eine verminderte ist. Der Verkürzungsrückstand nach den Zuckungen ist kleiner, je höher die Temperatur. Oft habe ich gesehen, dass er bei etwa 25° C. sogar Null ist.

Es liegt somit auf der Hand, dass die secundäre Elasticität des Muskels weniger hervortritt, wenn man die Temperatur desselben, in mässigen Grenzen wenigstens, erhöht. Zwischen 25° und der Coagulationsgrenze ist zwar die secundäre Elasticität unbedeutend, aber es muss die dann eintretende Verkürzung in die Rechnung aufgenommen werden.

---

<sup>1</sup> *Dieses Archiv.* Bd. IV, S. 392.

<sup>2</sup> *Ebenda.* Bd. V, S. 179.

# Zur Frage: Wann der Energieumsatz bei der Muskelcontraction auch von der Spannung abhängt.<sup>1</sup>

Von

Magnus Blix.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

Diese Frage taucht immer wieder auf als Gegenstand der Untersuchung und der Erläuterung. Dr. Fr. Schenck fasst sein Urtheil über die jetzige Lage der Frage in folgendem Satze zusammen:<sup>2</sup> „Es fehlt bis jetzt jeder Grund, die alte Lehre von dem Einfluss der Spannung auf den Contractionsprocess preiszugeben.“

Später stellt Joh. Gad unter den Grundgesetzen des Energieumsatzes im thätigen Muskel fest, dass „der Umfang des ersten (zusammenziehenden) Processes gesteigert wird durch Vermehrung der Widerstände, die sich der Zusammenziehung entgegensetzen.“<sup>3</sup>

Neulich lieferte auch J. v. Kries weitere Beiträge zur Beleuchtung dieser Frage.<sup>4</sup>

Vor einem Jahre suchte ich nachzuweisen, dass ein Einfluss der Spannung auf den inneren Contractionsprocess aus den Erfahrungen, welche man bis jetzt zu seiner Stütze angeführt hat, nicht unabweisbar hervorgeht, jedoch mit Ausnahme für die Resultate einiger myothermischer Untersuchungen, auf welche ich später zurückzukommen versprochen habe. Ist diese meine Auffassung richtig und die Beweiskraft der bis jetzt publicirten myothermischen Untersuchungen in dieser Hinsicht zweifelhaft, so giebt es mehr als einen Grund, eine der noch älteren Weber'schen Lehre ganz nahestehende zu umfassen, nach welcher die Spannung keinen Einfluss auf den Umsatz bei der Contraction ausübt.

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 15. Mai 1895.

<sup>2</sup> *Pflüger's Arch.* Bd. LIX, S. 409.

<sup>3</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1894. S. 400.

<sup>4</sup> *Ibid.* 1895. S. 130 u. folg.

Ein Grund liegt in der Schwierigkeit, eine plausible causale Verbindung zwischen der Spannung und dem physiologischen Contractionsprocess zu finden. Die von Gad<sup>1</sup> in dieser Hinsicht gemachten Vorschläge scheinen mir nicht befriedigend.

Einen anderen Grund sehe ich in dem Umstand, dass der im isolirten Muskel aufgespeicherte Energievorrath nicht stärker von einer Zuckung oder Tetanus mit hoher Spannung beansprucht wird, als von einer Zuckung oder Tetanus mit kleiner Spannung, wenigstens wenn es gestattet ist, von dem Ermüdungsgrad Schlüsse hierüber zu ziehen.<sup>2</sup>

Dr. Schenck wirft mir vor, dass ich nicht gezeigt habe, dass „alle Thatsachen, auf die man bisher die Annahme der Abhängigkeit des physiologischen Contractionsactes von der Spannung gegründet hat, auch ohne letztere Annahme zu deuten sind.“ Da hat mein sehr geehrter College ganz recht. Und doch glaube ich keine um diese Zeit gekannten Thatsachen übersehen zu haben. Unter den von Schenck erwähnten giebt es nur eine, auf welche ich Rücksicht nicht genommen habe, und zwar aus dem Grunde, dass dieses Verhältniss zu der Zeit, da meine Arbeit zum Druck befördert wurde, noch nicht beachtet war, und erst später durch Schenck's Arbeiten zu meiner Kenntniss kam.

Ich habe die bezüglichen Thatsachen nicht alle gemustert und nicht gezeigt, wie ich sie deuten will, und warum ich sie so und nicht so deuten muss. Aber ich habe gezeigt, wie träge Massen und äussere und innere Friction die Zuckungscurven deformiren können, dem sachkundigen Leser überlassend, aus der leicht deutbaren Hieroglyphenschrift meiner Curven die weiter erforderlichen Schlüsse zu ziehen.

Noch immer finde ich es weniger angemessen, wenigstens nicht ganz nothwendig, alle die Versuche im Detail zu kritisiren, auf die man bisher die „alte Lehre“ gegründet hat. Dagegen will ich hier die weiteren Erläuterungen und Erklärungen, welche spätere Publicationen und neue Erfahrungen wünschenswerth machen, abgeben.

Dr. Schenck hat Versuche gemacht, welche ihn zu der ganz unanfechtbaren Schlussfolgerung geführt haben, dass „das fragliche Phänomen beim unermüdeten Muskel auf die Verschiedenheit der Ausgangslänge allein nicht zurückgeführt werden kann, sondern dass noch ausserdem eine Hemmung der Verkürzung im Spiel ist, die um so

<sup>1</sup> A. a. O. S. 383.

<sup>2</sup> Dieses Archiv. Bd. V, S. 170.

<sup>3</sup> Archiv f. Anat. u. Physiologie. Physiol. Abth. 1894. S. 395.

geringer wird, je grösser die Ermüdung“.<sup>1</sup> Dass er aber hinzufügt, „wir kommen demnach in unserem Falle mit der Hypothese Blix nicht aus,“ damit thut er mir Unrecht.

Eine Hypothese über den Einfluss der Ausgangslänge auf die Form der Zuckungscurve, wie Schenck sie mir zuschreibt, habe ich, soviel ich weiss, nimmer ausgesprochen. Dagegen habe ich gezeigt, dass ein solcher Einfluss thatsächlich vorhanden ist und dabei auch eine diesen Einfluss erklärende Hypothese aufgestellt. Ich schrieb nämlich (S. 152): „Stelle ich jetzt alle mir aus eigenen Versuchen und deren anderer bekannte Thatsachen zusammen, so scheint mir die Erklärung die annehmbarste zu sein, dass der Muskel bei der Zusammenziehung einen inneren, vielleicht durch die oben erwähnte zähflüssige Substanz bedingten und also mit der Geschwindigkeit der Formveränderung wachsenden Widerstand zu überwinden hat.“ Fast auf jeder Seite dieser Abhandlung spreche ich von diesem inneren Widerstande (und in der Zusammenfassung S. 171 wird er erst hervor-gehoben), welcher jede Formveränderung hemmt, jede Bewegung dämpft, und das um so stärker, je schneller die Bewegung ist — schwächer also für den ermüdeten Muskel mit seinen trägen Bewegungen, als für den frischen Muskel mit seinen lebhaften Umgestaltungen. Es ist eben das, was Schenck in diesen seinen Versuchen begegnet ist.

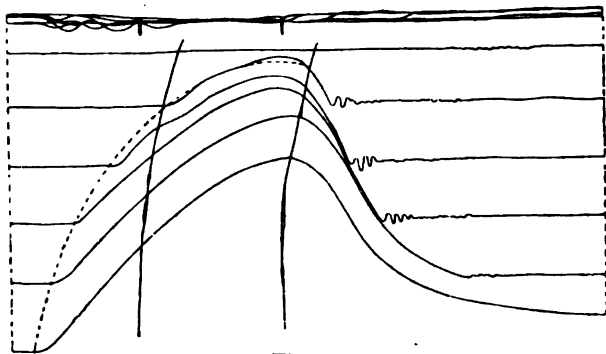


Fig. 1.

Die innere Dämpfung hat thatsächlich bei schnellen Veränderungen der Muskellänge einen ganz bedeutenden Einfluss auf die Höhe und sonstige Form der Zuckung. Ich erlaube mir in Bezug auf dieses Verhältniss auf meine hier wieder reproducirte Fig. 1 (aus diesem Arch. Bd. V, Taf. II, Fig. 1) zu verweisen. Die unterste Curve ist isotonisch,

<sup>1</sup> A. a. O. S. 400.

und die punktierte giebt ungefähr den Verlauf derselben, wenn der Einfluss der Dämpfung wegecorrigit worden ist.

Dr. Schenck sagt weiter: „Man kennt zwei verschiedene Aenderungen des Zuckungsverlaufes durch die Spannung, 1. eine Verstärkung und längere Dauer der Verkürzung, die z. B. in den Zuckungen mit Anfangshemmung bei von Kries, in den Schleuderzuckungen bei Sogalla und in den von mir beschriebenen Anschlagzuckungen des kalten Muskels zu beobachten ist. Diese Erscheinungen sind nicht zu erklären aus der Annahme von Blix, denn nach Blix kann die Spannungszunahme in diesen Fällen auf die Verkürzung keine andere Wirkung haben als eine hemmende, die bewirkt wird durch geringere Nachschrumpfung.“<sup>1</sup>

Zuckungen mit Anfangshemmung giebt es in meiner Arbeit mehrere (Taf. III, Fig. 9 und Taf. IV, Fig. 1). Im Text werden sie auch ziemlich ausführlich behandelt (S. 165). Es handelt sich nicht um eine Verstärkung und längere Dauer der Verkürzung des Muskels, sondern um eine schnellere Verkürzung und grösseren Einfluss der Schleuderung auf die Bewegungen des Längenschreibers. Je mehr die Schleuderung durch die äusseren Bedingungen begünstigt wird, desto höher ragt die Curve und desto später geht sie wieder herunter. Ich erlaube mir, was ich dort geschrieben habe, zu wiederholen. „Wird die von den trägen Massen herrührende Deformation corrigirt, so erhalten wir Curven, welche nicht unbedeutend niedriger als die unsignirte isotonische Curve sind, was ich als auf der grösseren Geschwindigkeit, mit welcher die Zusammenziehung vor sich gegangen ist, und auf dem in Folge dessen vermehrten inneren Widerstand beruhend annehmen muss. . . . In der Regel hat man bisher bei gleichartigen Versuchen gar zu grosse Massen mit im Spiele gehabt, so dass deren Einfluss sich ganz überwiegend geltend gemacht hat.“

Dasselbe gilt auch von den Schleuderzuckungen bei Sogalla. Durch Ankuppeln von extra trägen Massen hat Sogalla die Verkürzung des Muskels absichtlich verzögert. Dadurch ist erst die Spannung schnell gewachsen, dann die Verkürzung nicht unbedeutend accelerirt worden. Der Längenschreiber geht schliesslich viel schneller in die Höhe als bei der sogenannten isotonischen Zuckungcurve. Als der Längenschreiber seine grösste Geschwindigkeit erlangt hat, werden die extra trägen Massen losgekuppelt. Immer noch sind mit dem

---

<sup>1</sup> Beiläufig will ich bemerken, dass das Wort „Nachschrumpfung“ in der Abtheilung über die Muskelzuckung nicht gebraucht und nicht gemeint worden ist.

Muskel und dem Längenschreiber so viel träge Massen verbunden, dass in den Fällen, wo die Acceleration bedeutendere Werthe erlangt hat, der Gipfel der Curve ausserhalb der Area der isotonischen Curve, mitunter auch höher als diese Curve kommen kann.

Hätte Sogalla gleichzeitig auch die Spannung geschrieben, so hätte er gefunden, dass die Spannung, welche der Muskel hatte, da seine Längencurve ausserhalb der Area der isotonischen Curve verläuft, niedriger war als beim Schreiben der isotonischen Curve.

Dass dies sich so verhält, dafür habe ich mehrere Belege in meinen Curventafeln vorgebracht (vgl. Taf. II, Fig. 5, Taf. III, Figg. 1, 2, 8 und 9, Taf. IV, Figg. 1, 2, 3 und 4, Taf. V, Fig. 1).

Wir wollen nicht vergessen, was ich so oft hervorgehoben habe, dass wir nicht mit massenlosen Muskeln und Schreibhebeln arbeiten. Für kleine Geschwindigkeitsveränderungen mögen die Hebel das Spiel der im Muskel wirkenden formverändernden Kräfte getreulich wiedergeben. Bei plötzlichen Umänderungen können sie das nicht.

Wo die Längencurve ausserhalb der wirklich isotonischen Curve geht, da ist die Spannung niedriger als die isotonische Spannung, und wo die Längencurve innerhalb der isotonischen Zuckungcurve läuft, da ist die Spannung höher als die isotonische.<sup>1</sup>

Es giebt doch ein Memento zu diesem Satze. Dr. Schenck verdanken wir, dass die Aufmerksamkeit auf das bezügliche Phänomen gelenkt worden ist. In Pflüger's Arch. Bd. LV, S. 628 hat er zwei Zuckungscurven von einem bis  $+6^{\circ}$  C. abgekühlten Froschmuskelpräparate gegeben. Die eine Curve ist eine isotonische, die andere eine Anschlagzuckung. In dieser stemmt der Muskel den Schreibhebel oben an den Anschlag noch zu einem Zeitpunkte, da die isotonische Zuckung schon fast bis an die Abscisse des ruhenden Muskels heruntergegangen ist.

Aus dieser Thatsache schliesst nun Schenck, dass die wegen des Anschlages gesteigerte Spannung beim abgekühlten Muskel eine Verspätung des „zweiten Muskelprocesses“ hervorrufen sollte. Ich finde auch diesen Schluss ganz statthaft. Doch ist eine andere Erklärung auch denkbar und scheint mir mehr plausibel.

Ehe ich diese Erklärung vorführe, will ich doch erst einige mit diesem Phänomen zusammengehörenden Umstände erwähnen. Erstens

<sup>1</sup> Dass dieser Satz nicht in voller Strenge gilt für die Theile der Längencurve, welche gleich vor den Kreuzungspunkten mit der isotonischen Curve liegen, ist einleuchtend.

ist das Phänomen nicht ausschliesslich bei dem kühlen Muskel vorhanden, sondern kommt auch bei gewöhnlicher Stubentemperatur des Muskels vor, wenn auch nicht ganz so stark entwickelt. Belege hat Schenck selbst schon geliefert und so auch ich.<sup>1</sup> In den von v. Kries publicirten Anschlagzuckungen wird es doch bis auf Spuren vermisst.<sup>2</sup> Allerdings ist die Temperatur nicht ganz ohne Einfluss. Aber auch andere Umstände wirken mehr oder weniger fördernd auf dieses verspätete Hinuntergehen der Anschlagzuckung. Die Individualität des Präparates ist nicht ohne Belang. Weiter ist die Belastung zu beachten. Je grösser die Belastung, desto kleiner wird der Zwischenraum zwischen den betreffenden Theilen der Curven. Auch haben meine Versuche gezeigt, dass die Anschlagzuckung relativ zu der isotonischen Zuckung um so viel länger dauert, je tiefer der Anschlag kommt.

Noch muss ich eine bedeutungsschwere Thatsache hervorheben. Wenn man einen gespannten, mit beiden Enden fixirten Muskel reizt, so werden freilich bei oberflächlicher Betrachtung die äusseren Conturen des Muskels unverändert erscheinen. Und doch ändern die meisten der Muskelsegmente ihre Form, indem einige sich verkürzen, andere gedehnt werden, da die zusammenziehende Kraft nicht überall gleich ist oder nicht in jedem Zeitmomente durchgehend dieselbe Entwicklung erreicht hat. Nur wenn alle Muskelsegmente gleich kräftig sind und wenn die Contractionskraft völlig gleichzeitig im ganzen Muskel ansteigt und abfällt, wird für jeden Querschnitt „der übrige Muskel ein starres Stück der Verbindung“ mit den fixirten Enden. Da dies wohl niemals zutrifft, entsteht bei der Zuckung eine Verschiebung zwischen den Muskelrohren und Muskelbündeln<sup>3</sup>, welche übrigens gut beobachtet werden kann sowohl durch directe Inspection des Muskels als auch mit Hülfe der graphischen Methode.

In dem Momente, da der physiologische Contractionsact überall vorüber ist, besteht darum noch eine Verschiebung unter den Muskelementen und es wird eine gewisse Arbeit nöthig, um sie in die Lage zu bringen, die sie vor der Erregung einnahmen. Das Ausführen dieser Arbeit erfordert Zeit — um so mehr Zeit, je kleiner die Kraft ist, welche dazu gebraucht wird, und je grösser die Friction zwischen den zu verschiebenden Elementen des Muskels ist.

Dieselbe innere Verschiebung, welche bei unverrückbarer Befestigung der Muskelenden eintritt, muss, wenn auch in kleinerem

<sup>1</sup> *Pflüger's Archiv*. Bd. I.V, S. 624 und *Dieses Archiv*, Bd. V, Taf. III, Fig. 7.

<sup>2</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiologie*. Physiol. Abth. 1892. S. 12.

<sup>3</sup> Diese Auffassung theilt auch v. Kries, *Archiv f. Anat. u. Physiologie*. Physiol. Abth. 1895. S. 148.



Umfange, bei jeder Contraction eintreffen, wahrscheinlich am wenigsten bei geringer Spannung und mehr, je grösser die Spannung im Verlaufe der Contraction gewesen ist. Einen Beleg bringe ich in Fig. 2 vor. Wir finden dort drei Zeitlängencurven geschrieben, zwei isotonische bei 20 und 40 \* Spannung bezw. und eine, wo die Spannung im Anfange 20 \*, nachher bis 40 \* gewachsen



Fig. 2.

und schliesslich bei 20 \* beendet ist. Schon diese kleine Spannungserhöhung lässt das Endstück der Curve seichter heruntergehen. Der absteigende Theil der Zuckungcurve ist also immer von diesem Verhältnisse mehr oder weniger beeinflusst, welches ein zäher, dämpfender Widerstand gegen den unmittelbaren Uebergang des Muskels zu der ruhenden Länge leistet.

Wenn das Präparat Muskelschläuche zusammengemischt enthält, welchen sehr verschiedene Schnelligkeit und Dauer der Contraction zukommen, wird natürlich die innere Verschiebung grösser und das Endstück der Anschlagcurve später abfallen.

Wenn dagegen die Belastung, welche die Wiederausdehnungsarbeit leistet, gross ist, muss die Verspätung des Endstückes weniger deutlich hervortreten, was auch mit unserer Erfahrung übereinstimmt.

Diese Verspätung muss auch mehr hervortreten, je grösser die innere Reibung im Muskel ist. Hierin ist die Erklärung zu finden, warum die Anschlagzuckung des abgekühlten Muskels ein noch mehr verlängertes Expansionsstadium zeigt, als der erwärmte Muskel. Die Untersuchungen, welche A. Malmström hier ausgeführt hat,<sup>1</sup> gestatten keinen Zweifel, dass die innere Reibung im Muskel bei Abkühlung anwächst und bei mässiger Erwärmung abnimmt.<sup>2</sup>

Dr. Schenck schreibt weiter, dass die Spannung eine Hemmung und geringere Dauer der Verkürzung mitführen kann, und erwähnt „von den vielen Beobachtungen, die das beweisen, nur die der Anschlagzuckung des warmen Muskels“.

Hier haben die trägen Massen wieder eine Irrung veranlasst, welche eine gleichzeitige Registrirung der Spannung gewiss verhütet hätte. Es ist zwar Schenck nicht entgangen, dass seine Curven des Einflusses der Schleuderung wegen eine Correction nöthig hatten. In Folge der inneren Dämpfung im Muskel wird freilich eine solche Cor-

<sup>1</sup> *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 239.

<sup>2</sup> Es bietet ein grosses Interesse, dieses Verhältniss mit dem Einfluss der Temperatur auf die Zuckungs- und Tetanuscuren zu vergleichen, was ich schon früher bemerkt habe. *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 184.

rection complicirter als gewöhnlich. Es ist doch schon beim ersten Anblicke deutlich, dass diese Correction nicht nur die Ordinate, sondern auch, und das nicht unerheblich, die Abscisse des Gipfelpunktes beeinflussen muss. Die ganze Auslegung, welche Schenck an diese Versuche anknüpft, und die Folgerungen, die er daraus entnimmt, sind darum hinfällig. Meine leicht nachzumachenden Versuche werden die letzten Spuren des Zweifels in dieser Hinsicht entfernen.

Man braucht nur einen hinlänglich leichten und leichtbeweglichen Längenschreiber zu benutzen, um zu zeigen, dass, wie man unser Präparat auch erwärme, die Anschlagzuckung niemals weniger Zeit dauern wird, als die isotonische Zuckung. So ist es mir wenigstens bis heute gegangen. Meine umfassenden Versuchsserien geben mir ohne Ausnahme dieselbe Antwort. Ich füge als Beispiel Fig. 3 bei. Die Curven sind von zwei kleinen Adductoren bei einer isotonischen Spannung von  $10^5$  geschrieben. Das Präparat war in einer feuchten Kammer eingeschlossen. Die Metallwände dieser Kammer wurden mit warmem Wasser oder Eiswasser temperirt. Die angeschriebenen Grade geben die Temperatur dieses Wassers an. — Einen wesentlichen Unterschied in der Länge der Anschlagzuckung und der isotonischen Zuckung bringen die verschiedenen Temperaturen nicht mit. Für die Auffassung des Mechanismus der Muskelcontraction, der doch mehr als genug an Schwierigkeiten bietet, muss dieses Verhältniss unwillkürlich als eine grosse Erleichterung betrachtet werden.

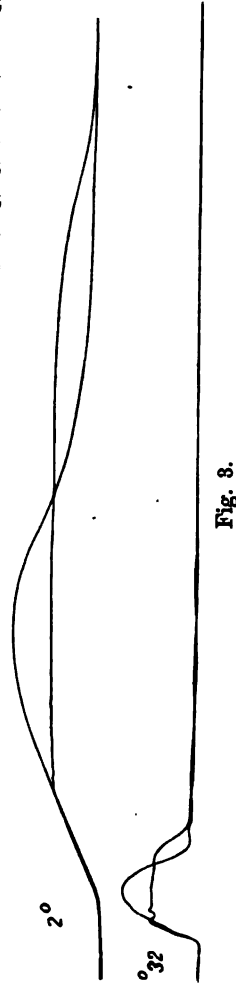


Fig. 3.

In meiner oben erwähnten Arbeit über die Länge und die Spannung des Muskels habe ich (S. 153 und 164) gezeigt und mit synthetischem Versuche erhärtet, dass der innere Widerstand die Erreichung des Zuckungsmaximums mehr oder weniger verspäten — die Gipfelzeit verlängern kann. Dies muss ich hier wieder betonen gegen Gad, der die Verkürzung der Gipfelzeit und die Steilheitszunahme der Erschlaffung bei in passendem Intervall superponirten Reizen auf die

Beschleunigung des zweiten Processes bezieht. Etwas ganz Anderes lese ich aus seinen Curven. Die Gipfelzeit der ersten Zuckung, welche mit einer verhältnissmässig grossen und schnellen Formveränderung verbunden ist, ist in Folge der inneren Reibung auch verhältnissmässig bedeutend verlängert worden. In der nächsten Contraction hat die Dämpfung und damit auch die Verlängerung der Gipfelzeit schon abgenommen; in der dritten und den folgenden noch mehr. Um so viel mehr Zeit bekommt der Muskel für die Erschlaffung, und dass er dann auch einen längeren Weg macht, ist nicht zu verwundern.

Bei Isometrie bleibt das Phänomen aus, weil in Folge der minimalen Verkürzung die Dämpfung unbedeutend und dadurch die Verspätung der Gipfelzeit auch für die erste Zuckung nicht merklich wird. Ich will damit nicht gesagt haben, dass nicht die Schleuderung, wie so oft anders, auch an der Gestaltung der von Gad reproducirten Curven seinen kleinen Antheil haben kann.

---

Die verschiedenen Arten von Summationszuckungen<sup>1</sup> bieten schöne Gelegenheiten, den Einfluss der verschiedenen mechanischen Bedingungen auf die Zuckungsformen zu studiren. Die Curven sprechen doch nicht für einen Unterschied in den physiologischen Acten der ersten und zweiten der superponirten Zuckungen. Die neulich von v. Kries im Streite eingeführten summirten isometrischen Curven<sup>2</sup> eignen sich nicht zu Beweismitteln in dieser Frage. Schenck hat seinen Widerspruch gegen das Plateau der isometrischen Zuckungscurven abgegeben<sup>3</sup> und ihm muss ich mich hier entschieden an die Seite stellen. Schreibe ich summirte Zuckungen mit Hülfe meiner Spannungsschreiber auf, so bekomme ich Curven ohne Plateau, welche, wie ich glaube, die Spannungsverhältnisse besser und genauer anzeigen, und dabei auch zu meiner rein mechanischen Betrachtungsweise vollkommen passen.

---

Es ist eine unleugbare Thatsache, dass Maximalzuckung durch etwas schwächere Reize bei isotonischem als bei isometrischem Verfahren hervorgerufen werden. Dies giebt nun Kohnstamm und Gad einen Grund für die Annahme, dass die Spannung oder die Dehnungsverhältnisse des Muskels auf den inneren Muskelprocess einwirken. Die Sache lässt sich doch gut von einer anderen Seite ansehen.

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. die Arbeiten von Kronecker und Hall, M. v. Frey, J. v. Kries im *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1879 und 1888.

<sup>2</sup> *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1895. S. 147.

<sup>3</sup> *Pflüger's Archiv.* 1894. S. 621 u. folg.

Mit wachsender Intensität des momentanen Reizes wächst auch die Geschwindigkeit, mit welcher der physiologische Process in den contractilen Elementen einsetzt (die Latenzzeit wird kürzer), die Intensität, mit welcher er ansteigt und der Umfang, welchen er bekommt (die Curve wird steiler und höher). Streiting ist jedoch immer noch, ob die Dauer des chemischen Actes, aus welchem die elementare Verkürzung hervorgeht, von der Intensität des Reizes abhängig ist oder nicht. Schon die Verkürzungszeit der contractilen Elemente zu ermitteln, wird eine sehr schwere Aufgabe; und es kann nicht einmal als endgültig festgestellt betrachtet werden, ob die Gipfelzeit des ganzen Muskels auf der Intensität des Reizes beruht. Santesson und Kohnstamm haben wohl eine solche Abhängigkeit bei Isotonie behauptet. Es sollte die Gipfelzeit bei stärkeren Reizen etwas, aber sehr wenig, abnehmen. — Die wenigen Versuche, welche ich gemacht habe, gaben mir nicht entscheidende und unzweideutige Ausschläge. Einmal wurde die Gipfelzeit merklich unverändert, wenn der Reiz anwuchs, ein anderes Mal wurde er länger, noch öfter kürzer. Bei kühlen Muskeln tritt die Verlängerung, bei warmen die Verkürzung deutlicher hervor. Bei gewöhnlicher Temperatur waren die Unterschiede immer sehr klein oder fielen ganz weg.

Die isotonische Zuckungcurve sollte nun die Längenänderungen des Durchschnittselementes unter den gegebenen Verhältnissen abspiegeln, wenn nicht Schleuderung und Dämpfung die Dinge verwickelten. Die Schleuderung kann die Gipfelzeit ebensowohl verlängern als verkürzen, je nach den Umständen. Die Dämpfung wirkt nur verspätend, und zwar um so mehr, je steiler die Verkürzung abläuft, also mehr bei den starken Reizen.

Dass die isotonische Curve nicht immer mit wachsendem Reize eine deutliche Verspätung des Gipfels angiebt, sondern öfters sogar eine deutliche Verfrühung, spricht also entschieden für eine Verkürzung der Gipfelzeit des contractilen Elementes.

Dann ist es auch leicht zu verstehen, dass ein schwächerer Reiz, der eine langsamer anwachsende, aber länger dauernde Verkürzung des contractilen Elementes bewirkt, eine ebenso hohe Erhebung des Längenschreibers hervorrufen kann, als ein stärkerer Reiz, der die Zusammenziehung des Durchschnittselementes beschleunigt und abkürzt.

Etwas anders steht es mit der isometrischen Zuckung. Da sowohl Schleuderung als Dämpfung hier weniger mitspielen, könnte man erwarten, dass die Abkürzung der Gipfelzeit hier deutlicher zum Vorschein kommen sollte. Aber die Dinge liegen nicht so einfach.

In meinen Versuchen (in der Litteratur habe ich nicht für die vorliegende Frage brauchbare Curven gefunden) ist die Abhängigkeit der Gipfelzeit vom Reize noch undeutlicher hervorgetreten, als bei dem isotonischen Verfahren. Ein Einfluss der Temperatur und Anfangsspannung sind wohl oft zu spüren; hier kommen aber neue Factoren hinzu.

Bei Isometrie ziehen sich die kräftigsten Elemente auf das Maximum zusammen, indem sie die anderen dehnen. Diese arbeiten dann unter denselben Bedingungen wie ein stark belasteter und gedehnter Muskel, von welchem wir wissen, dass er sich langsamer zusammenzieht und später sein Maximum erreicht, als der mässig gedehnte.<sup>1</sup> Zum Theil werden doch diese schwächeren Elemente auch die Gipfelzeit der isometrischen Curve mitbestimmen, und somit wirkt auf der einen Seite der stärkere Reiz beschleunigend und verstärkend auf den verkürzenden Process in jedem Elemente, und auf der anderen Seite die dadurch verstärkte Dehnung verzögernd auf das Erreichen des Spannungsmaximums. Beide wirken gegen einander und compensiren einander theilweise oder vollständig. Damit werden die kleinen Verschiedenheiten in der Gipfelzeit der isometrischen Zuckungen verständlich.

Es giebt nun bei der Isometrie, so weit ich sehe, keinen Grund, warum die Spannung nicht mit dem Reize steigen sollte, so lange ein Zuwachs des Reizes auch eine Steigerung der Zusammenziehungskraft des schwächsten Querschnittes wachrufen kann.

Zum Schluss möchte ich meiner in der oft erwähnten Arbeit vorgeschlagenen Muskelcontractionstheorie einige Zeilen widmen. Die Theorie tritt da etwas selbständiger hervor, als was Rechtsens ist. Ich finde nämlich, dass Gad schon 1893<sup>2</sup> (möglicher Weise auch früher) eine nahe verwandte Theorie aufgestellt hat. Dass ich dies nicht früher beachtet habe, kommt ohne Zweifel daher, dass ich Gad's Darstellung nicht verstanden habe. Auch in der letzten Umkleidung oder Erweiterung<sup>3</sup> der Theorie, womit sie, wenn ich nicht irre, eine meiner Hypothese noch näher stehende Alternative einräumt, fehlt es mir noch an hinreichend concreten Bestimmungen, um ganz sicher zu sein, dass ich alles gut verstanden habe. Es ist aber leicht einzusehen, welche Schwierigkeiten sich darbieten müssen, wenn die Theorie auch der

<sup>1</sup> Vgl. *Dieses Archiv*. Bd. V, S. 180—182.

<sup>2</sup> *Archiv f. Anatomie u. Physiologie*. Physiol. Abth. 1893. S. 170.

<sup>3</sup> *Ebenda*. 1894. S. 395.

Heidenhain'schen Lehre, dass die Spannung den chemischen Muskelprocess beeinflusst, Rechnung tragen soll.

Ungebunden von dieser Lehre habe ich um so viel besser Rücksicht auf die mikroskopischen Entdeckungen, auf alle mechanischen Verhältnisse, die mit der Thätigkeit des Muskels verbunden sind und auch auf das Verhältniss, dass, wie ich deutlich gezeigt habe, die physiologische Contractionskraft in dem gedehnten Muskel abnimmt, nehmen können. Weiter umfasst meine Hypothese die Erklärung der Bewegungen der Cilien, des freien und eingeschlossenen Protoplasmas, und auch der sogenannten Turgescens- und Secretionsbewegungen.

Alles beruht auf einem: (gesteigerter) Umsetzung und (vermehrter) Anhäufung der Umsetzungsproducte an der Oberfläche beziehungsweise in den Vacuolen des Protoplasmas — und könnte gut mit dem gemeinsamen Namen: Secretion charakterisirt werden.

Das Secret, welches gasförmig oder flüssig (auch schleimig oder galertig) sein kann, verändert das specifische Gewicht, den osmotischen Druck oder die Oberflächenspannung. Die sehr verschiedenen Formen der vitalen Bewegungen entstehen, meine ich, theils durch unzweifelhaft vorhandene Varianten im Bau, Vertheilung (Oberflächengrösse u. s. w.), Beweglichkeit des Protoplasmas, theils durch die verschiedene Beschaffenheit des Mediums und seiner Affinität zu dem Protoplasma, endlich auch durch Unterschiede in der Art des Secretes und in der Intensität und Lebhaftigkeit des Secretionsprocesses sowie des Restitutionsprocesses (Entfernung des das Gleichgewicht zwischen Cohäsion und Adhäsion störenden Secretes), wo solche vorhanden ist.

Ich hege nicht die eitle Zuversicht, hiermit eine Wahrheit ausgesprochen zu haben. Es ist nur ein anspruchsloser Vorschlag zur Erklärung der alten und neuen Thatsachen, welcher möglicher Weise auch Andere vorläufig befriedigen und als Ausgangspunkt für weitere Forschungen dienen könnte.

# Das Pylorussecret beim Hunde.<sup>1</sup>

(Erwiderung an Herrn Dr. Åkermann.)

Von

Dr. Ch. Contejean.

(Aus dem Laboratorium des Herrn Prof. Chauveau.)

An verschiedenen Orten<sup>2</sup> habe ich eine Reihe von Experimenten veröffentlicht, aus welchen ich schliessen zu können glaubte, dass die Belegzellen die einzigen Sauerbildner im Magen nicht seien. Herr Dr. Åkermann,<sup>3</sup> der nur einen Theil meiner Mittheilungen zu kennen scheint, hat diese Schlussfolgerungen neulich zu widerlegen gesucht. Meine Versuche über das Pylorussecret des Hundes sind die einzigen, welche er sachlich bekämpft; darum will ich hier nur über diesen Punkt meinem Gegner antworten.

Er hat die berühmte Vivisection von Klemensiewicz und Heidenhain in ähnlicher Weise wie die Autoren wiederholt, und natürlich erreicht er dasselbe Ergebniss. Sein Blindsack liefert eine pepsinhaltige alkalische Flüssigkeit. In diesem deutlich alkalischen Secret konnte er kein freies HCl finden; es war auch ganz fruchtlos, es zu suchen.

Aus zahlreichen Gründen habe ich schon den Schlussfolgerungen dieses Experimentes widersprechen zu dürfen geglaubt. Zuerst mag der durch Fisteln gewonnene Saft nicht normal sein. Dies ist der Fall für die seit kurzem angelegten Pankreasfisteln, wie Jedermann weiss. Der aus Thiry's Blindsack gewonnene Darmsaft verdaut gewöhnlich

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 1. Juni 1895.

<sup>2</sup> *Archives de Physiologie*. 1892; *Thèse de doctorat ès sciences*. Paris 1892; *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*. 1893; *Comptes rendus de la Société de Biologie*. 1893.

<sup>3</sup> *Dieses Archiv*. Bd. V, S. 134.

nichts, und die normale Darmflüssigkeit verdaut wirksam das Fleisch und das Fett, wie M. Schiff<sup>1</sup> gezeigt hat. Beim Pferde, aus Fisteln des Ductus stenonianus konnte ich (und Andere) niemals activen Speichel erhalten. In der Klemensiewicz-Heidenhain'schen Operation durchtrennt man die Magenvagusfasern; ich habe nun gezeigt, dass die doppelseitige Vagotomie die Absonderung des normalen sauren Magensaftes vermindert, ohne die Secretion des alkalischen Schleimes zu verhindern. Die gewonnene Flüssigkeit kann also durch Hyperneutralisation des Magensaftes alkalisch werden. Ausserdem ist ein nach Art von Thiry gebildeter Blindsack der Atrophie anheimgefallen wie jedes unthätige Organ, und wie gezeigt ist das der Fall mit dem von Heidenhain operirten Thier. Deswegen kann das Secret nicht normal sein.

Herr Arthus hat bei zwei Hunden einen Theil der Fundusdrüsenregion excidirt und dieses Magenstück, die Schleimhaut nach aussen umgeschlagen, wie in Heidenhain's Experiment. Das Secret war alkalisch und hätte in diesem Falle sauer bleiben sollen.

Ich habe das Antrum pyloricum von dem übrigen Magen getrennt, das Fundusstück des Magens in einer am Ende des Duodenum der Länge nach gemachten Spalte eingeführt, und den trompetenartigen Pylorustheil nach aussen geöffnet. Bei diesem Thiere floss während der Verdauung aus der Fistel fast immer eine saure Flüssigkeit; sie trat aber oft mit Galle und Pankreassaft von dem Fundus durch das Duodenum aus; die gut gewaschene und gegen fremde Secrete durch einen im Pylorus gelegenen Wattepfropfen geschützte Schleimhaut des Aditus ad pylorum reagirte immer alkalisch. Diese Reaction war aber nicht die normale, wie das folgende Experiment zeigt. Sie war durch die Trennung der Vagusfasern wahrscheinlich verändert.

Bei einem grossen Hunde habe ich eine sehr weite Magenfistel in dem Antrum pyloricum gemacht. Mit dem Thier bei vollständigstem Wohlbefinden und nach vorläufigem Dressiren wurde in der folgenden Weise experimentirt. Während der Verdauung legte man es auf den Rücken über die Operationsrinne ohne Fesseln; durch die Fistel und den Pylorus fügte man in das Duodenum einen an einem Glasstab befestigten Kautschukpfropfen; zieht man dann mit Behutsamkeit den Glasstab heraus, so kann man den verkehrten Pylorustheil ausserhalb des Thierkörpers ohne Schmerz herausbringen. Man wusch dann sorgfältig und wiederholt mit lauwarmem und schwach alkalischem Wasser die Schleimhaut. Man sah an ihrer Oberfläche den Pylorussaft wie

<sup>1</sup> M. Schiff, *Archives de Physiologie*. 1892. p. 699.



Schweisstropfen quellen, und die Reaction war immer sauer bis auf den Pylorus selbst. Dieses Experiment scheint mir gegen die Kritik geschützt zu sein und die normale saure Reaction des Pylorussecretes zu beweisen.

Endlich will ich sagen, dass Cordier<sup>1</sup> im Laboratorium des Prof. A. Milne Edwards gezeigt hat, dass beim Pekari (*Dicotyles torquatus*) keine Belegzellen in den Drüsen der ganzen Magenschleimhaut zu finden seien; und gewiss ist doch der Magensaft dieses Thieres sauer.

Ich glaube also trotz des Urtheiles des Herrn Dr. Åkermann meine Meinung aufrecht erhalten zu können.

---

<sup>1</sup> J. A. Cordier, *Annales des Sciences naturelles (Zool.)*. 1894. T. XVI, p. 1.

Berichtigungen und Zusätze zu meinem Aufsatz:  
Physiologisch - chemische  
Beobachtungen über die Salzsäure.<sup>1</sup>

Von

John Sjöqvist,

Docenten für med. Chemie an dem Karol. Institute zu Stockholm.

In einem früheren Aufsatz<sup>2</sup> habe ich gezeigt, dass das chemische Aequivalent des Eieralbumins auf 800, dasjenige einer Mischung von Albumosen auf 600 und das des bei der Trypsindigestion gebildeten Peptons auf 250 berechnet werden konnte. Zu diesem Resultat gelangte ich dadurch, dass ich Messungen der electrischen Leitfähigkeit einiger Säuren bei Gegenwart von verschiedenen Mengen Eiweiss ausführte. Durch dieselben Messungen konnte ich auch die Grösse der hydrolytischen Dissociation der Verbindungen zwischen diesen Säuren und ein paar Eiweisskörpern — Eieralbumin und eine Albumosenmischung — bestimmen und so einen Vergleich zwischen der Affinität dieser Eiweisskörper und der einiger von Walker und Bredig<sup>3</sup> bestimmten schwachen Basen anstellen. Nachdem ich nämlich die Qualität und die Quantität der das Albuminpräparat verunreinigenden Salze bestimmt hatte, berechnete ich, wie diese in einer gewissen Menge Albumin befindlichen Salze die Leitfähigkeit der Säuren vermindern würden; sodann berechnete ich, welches die Leitfähigkeit dieser Mischung von Säure und Salzen sein würde, wenn eine entsprechende Menge salzfreien Albumins zugesetzt würde, vorausgesetzt, dass dabei keine Hydrolyse stattfand. Nachdem ich so für die Verminderung der Leitfähigkeit, welche

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 15. Juni 1895.

<sup>2</sup> *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 277.

<sup>3</sup> Walker, Zur Affinitätsbestimmung organischer Basen. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* 1889. Bd. IV, S. 319. Ueber die Affinitätsgrössen der Basen. Ebenda. 1894. Bd. XIII, S. 321.

durch die Reibung der Eiweissmoleküle gegen die Ionen hervorgerufen worden war, eine Correction angebracht hatte, wurde durch eine einfache Interpolation die Grösse der Hydrolyse bestimmt. Weil ich aber eine entsprechende Correction auch für die Wirkung von Säuren und Salzen anzubringen unterlassen habe, was indessen, um mit einander vergleichbare Werthe zu erhalten, nothwendig ist, soll die Interpolationsformel auf Seite 342 in meinem oben citirten Aufsatz:

$$314x + (1 - x)55.66 = 100.5$$

folgendes Aussehen erhalten:

$$298.2x + (1 - x)55.66 = 100.5,$$

wobei die Correction für die Mischung von Salzsäure und Salzen  $4 \times 1.26$  (s. Seite 334!) = 5.04 Procent beträgt.

Aus dieser Gleichung berechnen wir  $x = 0.1849$ , und das Albuminchlorhydrat ist also in 0.05 Normallösung zu 18.49 Procent anstatt früher angegebenen 17.40 Procent hydrolysirt. Auf ähnliche Weise wird berechnet, dass es in 0.025 Normallösung zu 22.7 Procent hydrolysirt ist. Die Schwefelsäureverbindung und die Salpetersäureverbindung sind in 0.05 Normallösung zu bezw. 15.82 und 17.46 hydrolysirt und die Hydrolyse des Albumosenchlorhydrates in derselben Verdünnung beträgt 14.5 Procent.

In demselben Aufsatz bin ich (Seite 347) zu der Schlussfolgerung gekommen, dass das Eialbumin als Base schwächer als Glykokoll, Asparagin und Asparaginsäure ist. Diese Schlussfolgerung ist unrichtig, weil die von Walker gefundene Constante für die Reactionsgeschwindigkeit nicht auf  $\frac{1}{50}$  Normallösung, wie ich angegeben habe, Bezug hat, sondern auf  $\frac{10}{11}$  Normallösung. Der letzte Abschnitt der Walker'schen Arbeit, welcher von der Leitfähigkeit der bezw. Hydrochloraten handelt, ist mit  $\frac{1}{50}$  Normallösung ausgeführt, was die Verwechslung veranlasst hat. Rechnet man die von Walker für  $\frac{10}{11}$  Normallösung gefundene Hydrolysengrade nach Guldberg-Waage's Gesetz zu 0.05 Normallösung um, so erhält man

	$k$
Glykokoll	0.04053
Asparagin	0.02161
Asparaginsäure	0.01257

Die Constante für Albumin wird  $\frac{315 - 0.1849 \times 315}{(0.1849 \times 315)^2} = 0.07569$ , woraus hervorgeht, dass das Albumin anstatt schwächer, bedeutend stärker als die fraglichen Basen ist und zwar 1.87 mal stärker als

Glykokoll, 3.50 mal stärker als Asparagin und 6.02 mal stärker als Asparaginsäure.

Um eine Bestätigung der Zuverlässigkeit dieser Berechnung erhalten zu können, habe ich Messungen betreffs der Leitfähigkeit der Mischungen von Salzsäure — welche immer in einer Concentration von 0.05 oder 0.025 normal zugegen gewesen ist — und verschiedenen Mengen Glykokoll bei 18° direct gemacht und theile ich diese hier unten mit.

Das angewandte Glykokoll war wasserfrei und vollkommen rein; es enthielt 18.75 Procent Stickstoff (Mittel von 18.72 und 18.77), anstatt berechnet 18.71 Procent. Untenstehende kleine Tabelle giebt seine molekulare Leitfähigkeit an; die erste Colonne giebt die Anzahl Grammmoleküle in einem Liter, die zweite die molekulare Leitfähigkeit, mit  $10^7$  multiplicirt:

1	0.0560
0.5	0.0845
0.4	0.0900
0.2	0.111
0.1	0.156
0.05	0.213
0.02	0.353

Wie alle Nichtleiter und schlechten Leiter ruft Glykokoll bei Zusatz zu einem Electrolyte eine Verminderung von dessen Leitfähigkeit durch die Reibung gegen die Ionen hervor. Diese Verminderung habe ich wie für Albumin bestimmt, indem ich zu einer 0.05 normalen Kochsalzlösung verschiedene Mengen Glykokoll zusetzte und so die Leitfähigkeit der Mischung mass. Die erste Colonne in untenstehender Tabelle ergiebt die Anzahl Grammmoleküle Glykokoll in einem Liter, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0.05  $n$  berechnet) und die dritte dieselbe nach Abzug von der Leitfähigkeit des Glykokolls:

0.5	86.16	85.81
0.4	86.81	86.09
0.2	88.32	87.87
0.1	89.15	88.84
0.05	89.77	89.56
0.0	89.94	89.94

Durch Anwendung von Arrhenius'<sup>1</sup> Interpolationsformel

$$l = l_0 \left(1 - \frac{\alpha}{2} x\right)^2,$$

<sup>1</sup> Arrhenius, *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* Bd. IX, S. 48.

worin  $l_0$  die Leitfähigkeit der wässrigen Lösung,  $l$  diejenige der  $x$  Volumenprocente des Nichtleiters haltenden Lösung und  $\alpha$  den Correctionsfactor bedeutet, lässt sich dieser im Mittel zu 0.0139 berechnen, d. h. für jedes Gramm Glykokoll wird die Leitfähigkeit der Kochsalzlösung um 1.39 Procent vermindert.

Nachdem dieser Correctionsfactor bestimmt worden war, führte ich Messungen über die Leitfähigkeit der Mischungen von Salzsäure und Glykokoll aus, in welchen die Salzsäuremenge immer 0.05 Gramm-moleküle in einem Liter betrug, die Glykokollmenge dagegen wechselte. In untenstehender Tabelle giebt die erste Colonne die Anzahl Gramm-moleküle Glykokoll in einem Liter der Mischung, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0.05  $n$  berechnet) und die dritte dieselbe nach Correction für die Reibung an:

0.95	75.10	83.14
0.5	78.70	82.98
0.4	80.13	83.59
0.3	81.98	84.55
0.2	85.47	—
0.1	97.63	—
0.066	116.8	—
0.05	142.4	143.2
0.04	167.9	—
0.03	201.7	—
0.02	242.1	—
0.01	286.7	—
0.005	310.2	—
0.0	334.4	—

Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind am Endpunkte der gedrehten Curve, wo ein relativ grosser Ueberschuss an Glykokoll vorhanden ist, die Werthe nach der Correction für die Reibung constante, und wir finden also, dass die molekulare Leitfähigkeit des Glykokollchlorhydrates in 0.05 normaler Lösung, wenn keine Hydrolyse stattfände, 83.10<sup>-7</sup> sein sollte. In dem theoretisch neutralen Punkte ist dagegen eine hydrolytische Dissociation eingetreten und hier findet sich also sowohl Glykokollchlorhydrat als freie Säure und freie Base vor. Die Leitfähigkeit der Mischung setzt sich daher aus der der Säure und der des Chlorhydrates zusammen (die Leitfähigkeit der schwachen Base kann in diesem Falle gleich Null angesehen werden), und durch folgende Interpolation:

$$334.4x + (1 - x)83 = 143.2$$

lässt sich die Hydrolyse zu 23.9 Procent berechnen.

Aus Walker's oben citirter Arbeit<sup>1</sup> ging hervor, dass das Glykokollchlorhydrat in  $\frac{10}{11}$  Normallösung zu  $\frac{20}{3.15} = 6.35$  Procent hydrolysirt war. Rechnet man diesen Werth, nach Guldberg-Waage's Gesetz,<sup>2</sup> zu 0.05 Normallösung um, so findet man:

$$\left(\frac{6.35}{100}\right)^2 = \frac{98.65}{100} \times \frac{11}{10} \times k,$$

woraus  $k = 0.003913$  und

$$(1 - x)^2 = x \times 20 \times 0.003913,$$

woraus  $1 - x = 0.2434$  und die Hydrolyse also = 24.34 Procent, welcher Werth auffallend gut mit meiner Zahl 23.9 übereinstimmt.

In Mischungen von Glykokoll und Salzsäure in solchen Mengen, dass die Lösung mit Rücksicht auf HCl 0.025 normal war, wurden folgende Werthe von der molekularen Leitfähigkeit (für 0.025  $n$  berechnet) ermittelt:

Concentr.	$\mu$	$\mu$ (corr.)
0.75	79.76	86.37
0.5	82.04	86.50
0.3	84.85	87.57
0.2	87.47	—
0.1	95.49	—
0.066	104.4	—
0.05	115.2	—
0.04	126.7	—
0.03	148.6	—
0.025	165.8	166.7
0.02	189.4	—
0.01	253.1	—
0.005	294.1	—
0.0	339.2	—

Der Endwerth ist hier 86.3. Also:

$$339.2x + (1 - x)86.3 = 166.7,$$

woraus die Grösse der Hydrolyse in dieser Concentration sich zu 31.79 berechnen lässt. Wird der eben gefundene Werth der Hydrolyse in 0.05 Normallösung, 23.9 auf 0.025 normal nach Guldberg-Waage's Gesetz, umgerechnet, so finden wir

$$\left(\frac{23.94}{100}\right)^2 = \frac{76.16}{100} \times 1 \times k,$$

<sup>1</sup> A. a. O. Seite 331.

<sup>2</sup> Die Gültigkeit dieses Gesetzes ist auch für Chlorhydrate mit schwächerer Hydrolyse neuerdings von Bredig nachgewiesen worden. A. a. O. Seite 322.

woraus  $k = 0.0754$ , und

$$(1 - x)^2 = x \times 2 \times 0.0754,$$

woraus  $1 - x = 0.3208$ , d. h. die Hydrolyse lässt sich zu 32.1 Procent berechnen, während die gefundene 31.8 war.

Ich habe auch die Leitfähigkeit der Mischungen von einer stärkeren Base als Albumin, nämlich Anilin, und Salzsäure bestimmt, um das Albumin mit Rücksicht auf seine Affinität zwischen zwei Basen einordnen zu können. Der Correctionsfactor für die Reibung ist aus der Leitfähigkeit der Mischungen von Anilin und 0.05 normaler Kochsalzlösung berechnet. Bei Gegenwart von 3.1848 g Anilin in 100 <sup>ccm</sup> 0.05 normaler NaCl, wurde die molekulare Leitfähigkeit von 89.94 zu 84.39 vermindert und nach Abzug der Leitfähigkeit des Anilins zu 83.83. Für jedes Gramm Anilin in 100 <sup>ccm</sup> wird also die Leitfähigkeit um 2.22 Procent vermindert.

In untenstehender Tabelle ergibt die erste Colonne, wie gewöhnlich, die Anzahl Grammmoleküle von der Base in einem Liter der Mischung, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung, wenn diese 0.05 Grammmoleküle HCl pro Liter, die vierte, wenn sie 0.025 Grammmoleküle pro Liter enthielt, die dritte und fünfte dieselbe molekulare Leitfähigkeit nach Correction für die Reibung:

Concentr.	$\mu_{30}$	$\mu_{30}$ (corr.)	$\mu_{40}$	$\mu_{40}$ (corr.)
0.368	72.23	78.02	—	—
0.355	—	—	74.73	80.51
0.300	73.36	78.11	75.95	81.06
0.200	74.80	77.98	77.68	80.98
0.100	76.43	80.03	79.31	80.97
0.075	76.72	—	79.71	80.95
0.0594	77.40	—	—	—
0.0549	77.97	—	—	—
0.0520	79.21	—	—	—
0.0500	83.41	84.26	80.33	81.17
0.0480	88.86	—	—	—
0.0400	126.9	—	—	—
0.0300	179.0	—	81.41	—
0.0280	—	—	82.49	—
0.0268	—	—	84.39	—
0.0250	—	—	89.71	90.18
0.0201	229.8	—	136.5	—
0.0100	281.4	—	235.4	—
0.0050	307.5	—	287.3	—
0.0	339.4	—	339.2	—

Die molekulare Leitfähigkeit des Anilinchlorhydrates würde also nach dieser Bestimmung, wenn keine Hydrolyse stattfände, in 0.05 Normallösung  $78.0 \cdot 10^{-7}$  und in 0.025 Normallösung  $81.0 \cdot 10^{-7}$ . Die gefundenen Werthe sind 84.26 und 90.18, woraus durch eine ähnliche Interpolation wie auf Seite 258 hervorgeht, dass die Hydrolyse in ersterer Concentration 2.35 Procent und in letzterer 3.56 Procent beträgt.

Gehen wir von der Grösse der Hydrolyse in einer 0.05 normalen Lösung aus und berechnen wir, wie gross sie in einer halb so concentrirten Lösung, nach Guldberg-Waage's Gesetz, sein würde, so erhalten wir (siehe Seite 259) 3.38 Procent, welcher Werth nicht viel von dem gefundenen, 3.56, abweicht.

Auf ähnliche Weise wie auf Seite 256 wird nun berechnet, dass das Eieralbumin als Base 74.2 mal schwächer als Anilin ist.

In einer grösseren Arbeit hat Bredig<sup>1</sup> die aequivalente Leitfähigkeit einer grossen Anzahl von Chlorhydraten organischer Basen in verschiedenen Concentrationen bei 25° gemessen. Unter diesen Basen findet sich auch Anilin, für dessen Chlorhydrat er folgende molekulare Leitfähigkeit berechnete, wenn keine Hydrolyse eingetreten wäre: (Als Index von  $\mu$  steht die Anzahl Liter, in welcher ein Grammolekül gelöst ist.)

$\mu_{64}$	$\mu_{128}$	$\mu_{256}$
96.0	98.3	100.3

Machen wir hier eine kleine Extrapolation, um den Werth für  $\mu_{40}$  zu erhalten, so finden wir 94.3, und wird dieser Werth zu 18° umgerechnet nach der Formel  $\mu_{25} = \mu_{18} (1 + t \alpha)$  und wird als Temperaturcoefficient ( $\alpha$ ) der des Chlorkaliums in dieser Concentration, d. h.  $0.023^2$  angewandt, so erhalten wir  $\mu_{40}$  bei 18° 81.2, welcher Werth genau mit dem meinen: 81.0 übereinstimmt.

Das Eieralbumin steht also als Base zwischen Glykokoll und Anilin, und zwar ist es 1.87 mal stärker als ersteres und 74 mal schwächer als Anilin.

Sobald es mir gelungen ist, ein sehr salzarmes und doch lösliches Albuminpräparat herzustellen, womit ich zur Zeit beschäftigt bin, werde ich hoffentlich diese Untersuchungen fortsetzen.

Stockholm, 8. Juni 1895.

<sup>1</sup> Bredig, Beiträge zur Stöchiometrie der Ionenbeweglichkeit. *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* 1894. Bd. XIII, S. 191.

<sup>2</sup> Arrhenius, *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* Bd. IV, S. 98—99.



# Ueber die in Aether löslichen, reducirenden Substanzen des Blutes und der Leber.<sup>1</sup>

Von

A. Jacobsen.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität in Kopenhagen.)

---

Durch eine frühere Arbeit<sup>2</sup> war mir klar geworden, dass es nothwendig sein würde, die im Blute vorkommenden reducirenden in Aether löslichen Stoffe näher zu untersuchen, um das Verhältniss des Zuckers im lebenden thierischen Organismus weiter verfolgen zu können. Aus der oben angeführten Mittheilung ersieht man, dass man in der That keinen Aufschluss der wirklichen Grösse der Zuckermenge im Blute gewinnt, wenn man sich damit begnügt, die totale Reduction derselben zu bestimmen. Der Theil der Reduction, der durch die in Aether auflösbaren Stoffe bewirkt wird, ist nämlich immer sehr variabel und kann unter Umständen bedeutend werden, was durch eine Vergleichung des gleichzeitig genommenen Arterien- und Venenblutes eines Hundes deutlich wird. Ich führe folgendes Beispiel an; wie überall in dem folgenden wird die Reduction des Aetherausguges als Traubenzucker berechnet.

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

<sup>2</sup> Ueber die reducirenden Substanzen des Blutes. *Centralblatt f. Physiol.* 1892—1893. Bd. VI.

Anmerkung. In der *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, Bd. XX, S. 478, hat Herr P. Manasse eine interessante Abhandlung veröffentlicht, in welcher (S. 483) die Abspaltung einer Glucose vom Jecorin mittels Säurebehandlung constatirt wird. Ich erlaube mir hier die Aufmerksamkeit des Lesers auf die Abhandlung zu lenken, da ich im Text, welcher schon am 25. Januar 1895 der Königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften vorgelegt ward, aber erst jetzt publicirt wird, nicht im Stande war, die genannte Abhandlung zu berücksichtigen.

	Aether- auszug	Rest vom Aether- auszuge	Totale Reduction	
Arterienblut	0.043	0.023	0.066	65 Procent auflösbar im Aether
Venenblut	0.020	0.052	0.072	28    "    "    "    "

Damals schien es mir bei einigen theils quantitativen, theils qualitativen Versuchen, als ob der in Aether auflösbare Theil der reducirenden Stoffe nicht gährungsfähig wäre. Dies zeigte sich doch nicht immer stichhaltig und es war mir daher von Wichtigkeit die Sache aufs Neue zu untersuchen, sowie auch festzustellen, ob man, indem man den Aetherauszug mit Säure behandelt, hierbei gährungsfähige, reducirende Stoffe gewinnen könne. Gleichzeitig erstreckte sich die Untersuchung auch auf die in Aether auflösbaren reducirenden Stoffe der Leber. Die Herstellung war dieselbe wie die von Baldi angegebene Methode zur Herstellung von unreinem Jecorin. Die Methode ist in aller Kürze folgende: Wiederholte Alkoholauszüge aus dem mit Alkohol versetzten Blute oder der fein geriebenen Leber; Eindampfen im Vacuum bei 40° von sämtlichen Alkoholfiltraten; dann Extraction des Eindampfungsrestes mit Aether. Nach Abdampfung des Aether's bleibt ein Rest, der in dem folgenden „Aetherextract“ des Blutes oder der Leber genannt wird. Der Aetherextract wird in Wasser ausgerieben ohne vorhergehende Reinigung.

Es war mir anfangs zweifelhaft, ob hierbei eine Auflösung stattfand oder nur eine Art von Aufschwemmung. Unter dem Mikroskop zeigt sie, wenn die Flüssigkeit sehr concentrirt ist, deutliche Myelinformen, die jedoch bald verschwinden. Da nun aber weder die concentrirte noch die verdünnte Auflösung bei Centrifugirung durch drei bis vier Stunden Andeutungen, unhomogen zu werden, zeigt, glaube ich berechtigt zu sein, es als eine Auflösung zu betrachten. Diese Auflösung ist gelblich-weiss bis gelbbraun und hat einen eigenthümlich faden Geruch. Sie wird in dem Folgenden Auflösung I genannt werden.

Zur Auflösung I wird Schwefelsäure gegeben, bis sie 2 bis 3 Procent Schwefelsäure enthält, worauf sie 10 Minuten lang im kochenden Wasserbade erwärmt wird. Hierbei fallen erst käsige Flocken aus, die sich jedoch gleich zu grösseren und kleineren Klumpen vereinigen. Die nachfolgende Filtrirung ist sehr leicht, wenn es sich um das Leberextract handelt, wohingegen sie mitunter sehr langwierig, ja beinahe unmöglich ist, wenn das Extract vom Blut herrührt. Das Filtrat ist meist leicht gelblich, kann aber mitunter auch bräunlich sein.

Hierzu wird nun eine concentrirte Auflösung von Barythydrat bis zur schwach alkalischen Reaction gegeben, worauf die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach sauer gemacht wird. Die Filtrirung von den ausgeschiedenen Barytsalzen ist mitunter sehr beschwerlich, indem die Auflösung nur langsam und unklar durch das Filter geht. Die einzige Erleichterung hierfür dürfte sein, dass man die Auflösung 12 bis 24 Stunden lang an einem warmen Ort stehen lässt.

Wenn diese Auflösung, die in dem Folgenden als Auflösung III bezeichnet wird, mit Auflösung I verglichen werden soll, muss der Barytniederschlag natürlich erst sehr sorgfältig ausgewaschen werden.

Um die Gährungsfähigkeit von Auflösung I und III zu untersuchen, wird Hefe hinzugesetzt. Diese wird in einer grösseren Menge in Wasser aufgeschlemmt und centrifugirt, welcher Process mehrmals wiederholt wird. Zuletzt werden die ausgewaschenen Gährzellen mit einer geringen Menge Wasser vermischt und mit einer Pipette wird  $\frac{1}{2}$  <sup>ccm</sup> dieser Aufschlemmung den Auflösungen I und III zugesetzt. Diese mit Hefe gemischte Auflösung wird in dem Folgenden Auflösung II und IV genannt werden.

Die Folgereihe der Versuche ist diese:

Der Aetherextract wird in Wasser aufgelöst und es wird soviel Wasser zugesetzt, dass die Auflösung 100 <sup>ccm</sup> beträgt. 50 <sup>ccm</sup> hiervon werden, wie früher beschrieben, mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  behandelt. Nach Filtrirung und sorgfältiger Auswaschung wird die Auflösung in zwei gleich grosse Theile getheilt; diese dürfen jedoch nicht mehr als 35 bis 40 <sup>ccm</sup> betragen; wenn dies der Fall sein sollte, muss die Auflösung concentrirt werden. Dem einen Theil wird Hefe zugesetzt (Auflösung IV) und diese wird gleichzeitig mit dem anderen Theil (Auflösung III) in den Thermostat gestellt. Gleichzeitig werden auch 25 <sup>ccm</sup> der ursprünglichen Auflösung (Auflösung I) und 25 <sup>ccm</sup> derselben +  $\frac{1}{2}$  <sup>ccm</sup> Hefe (Auflösung II) hingestellt. Der Aufenthalt im Thermostat variirt zwischen 12 bis 24 Stunden und die Temperatur wird auf ca. 30° gehalten.

Alle Proben werden gleichzeitig herausgenommen und bis auf 50 <sup>ccm</sup> verdünnt, worauf das Reductionsvermögen durch Titrirung mit Sachse's Flüssigkeit (eine alkalische Jodquecksilber-jodkaliumauflösung) bestimmt wird. Die Titre ist mit einer Auflösung von reinem Traubenzucker von bekanntem Gehalt gestellt.<sup>1</sup>

Das Reductionsvermögen der Auflösung ist, wie schon früher bemerkt, so berechnet, als ob es Traubenzucker wäre.

---

<sup>1</sup> Der Traubenzucker war in Carlsberg's Laboratorium hergestellt.

Wie man aus nachfolgender Tabelle ersehen wird, sind die Versuche mit Ätherextracten von Leber, Serum und Blut angestellt worden. Die Lebern werden unmittelbar, nachdem die Thiere durch Coupiern des verlängerten Markes getötet worden sind, herausgenommen und in einem Porzellanmörser so fein als möglich zerrieben, mit Alkohol aufgeschlemmt und in zugedeckten Gläsern hingestellt. Alle Manipulationen werden so schnell als möglich ausgeführt und fünf Minuten, nachdem das Thier getötet worden ist, ist die Leber schon mit Alkohol hingestellt.

Das Serum ist aus Ochsenblut gewonnen. Nachdem das Blut einen Augenblick nach dem Halsschnitt gelaufen, wurde es in sterilisirten Centrifugegläsern aufgefangen; diese werden zwei Stunden lang in die Kälte gestellt, worauf das Serum durch Centrifugirung gewonnen wird. Dieses wird nun mit dem fünffachen Volumen Alkohol (94 Procent) vermischt. Das weitere Verfahren ist wie früher. Natürlich bekommt man auf diese Art kein vollständig steriles Serum, aber man entgeht doch einer zu ausgiebigen Infection mit Bakterien, die möglicherweise die reducirenden Stoffe während des Hinstellens des Blutes zerstören oder verwandeln könnten.

Das Blut ist durch eine in die Arteria carotis oder Arteria femoralis eingelegte Canüle direct in ein fünffaches Volumen Alkohol geleitet worden. Das weitere Verfahren war das frühere.

Tabelle I.

## Versuch mit Leberextract.

Versuchsnummer	Kaninchen		Hund			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Auflösung I.	0.112	0.189	0.050	0.165	0.204	0.400
„ II.	?	?	0.044	0.041	0.077	0.120
„ III.	0.109	0.227	0.053	0.165	0.200	0.396
„ IV.	0.031	0.100	0.022	Spur	0.050	0.060

## Versuch mit Serumextract.

Versuchsnummer	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Auflösung I.	0.010	0.016	0.027	0.015	0.009
„ II.	0.009	?	Spur	Spur	0
„ III.	0.020	0.020	0.028	0.015	0.008
„ IV.	Spur	0.010	Spur	Spur	0

## Versuch mit Blutextract.

Versuchsnummer		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Auflösung	I.	0.118	0.119	0.075	0.056	0.073	0.027
„	II.	0.042 <sup>1</sup>	0.031	0.025	0.008	0.036	0.012
„	III.	0.137	0.146	0.074	0.056	0.073	0.032
„	IV.	0.023	—	0.010	0.006	0.014	0.012

Im Versuch Nr. 6 ging viel Blutextract verloren durch die Filtrirung von Barytsalzen. Auflösung III soll also ein grösseres Reductionsvermögen haben.

Wenn man nun in der Tabelle Nr. I die Werthe der Auflösung I mit denen der Auflösung III vergleicht, so findet man, dass das Reductionsvermögen in einigen Fällen gestiegen ist, und zwar namentlich bei den Versuchen mit Blut. Um das Factum zu erklären, ist es wohl kaum nothwendig anzunehmen, dass der in Aether auflösbare Stoff das Reductionsvermögen wechsle, je nachdem er mit Säure behandelt wird. Wahrscheinlicher ist es anzunehmen, dass sich nebst diesem in der Leber und dem Blute auch ein in Aether auflösbarer, aber nicht reducirender Stoff findet, der, indem er mit Säure behandelt wird, in einen anderen Stoff übergeht, der reduciren kann.

Um den in der Auflösung III vorkommenden reducirenden Stoff näher zu untersuchen, handelte ich auf folgende Art:

Aus 6 Kaninchenlebern wurde ein Aetherextract dargestellt, der mit Schwefelsäure und Barythydrat auf die schon erwähnte Art behandelt wurde. Die Erwärmung mit Säure dauerte jedoch eine halbe Stunde und der Kolben, worin dies vorging, war in kochendes Wasser gesenkt. Dieses wird nun mit basischem essigsauerm Bleioxyd gefällt. Im Filtrat wird der Ueberschuss von Blei durch Schwefelwasserstoff ausgeschieden, und aus dem Filtrat von dem ausgeschiedenen Schwefelblei wird der Schwefelwasserstoff durch Durchleitung von Luft ausgetrieben.

Die Auflösung, die die Fehling'sche Flüssigkeit reducirte, war vollständig wasserhell; sie wurde bei 45 bis 50° stark im Vacuum concentrirt, wodurch sie eine schwach gelbliche Färbung annahm. Als sie im Polarisationsapparate untersucht wurde, zeigte es sich, dass sie den Polarisationsplan nach rechts dreht. Das Verhältniss zwischen dem Drehungs- und Reductionsvermögen wurde nicht untersucht, da

<sup>1</sup> Die Reduction war nach 12 Stunden Aufenthalt im Thermostaten 0.048, nach 36 Stunden 0.042.

die Auflösung zu einem anderen Zwecke verwendet werden sollte. Die Auflösung wird nun bis zur Trockenheit eingedampft, wobei ein bräunlicher Rest zurückbleibt. Dieser wird wiederholt mit Aether durchgeschüttelt, bis er bei Verdampfung keinen Rest hinterlässt. Die sämtlichen Aetherauszüge werden bis zur Trockenheit eingedampft, wobei ein Rest bleibt, der nicht reducirt.

Man sieht hieraus, dass der reducirende Stoff, nachdem er mit Säure behandelt ist, in Aether nicht mehr auflösbar ist.

Nach der Mischung mit Aether wird das zurückgebliebene in 50<sup>ccm</sup> Wasser aufgelöst und es werden 2·5<sup>g</sup> Fenylhydrazin und 1·4<sup>g</sup> Eisessig hinzugesetzt. Die Auflösung wird in Reagensgläsern in kochendem Wasserbade erwärmt. Nach Verlauf von einer halben Stunde scheiden sich gelbbraune Krystalle aus, was auch geschieht, nachdem die Auflösung abgekühlt ist. Unter dem Mikroskop zeigen sich diese als Bündel von Nadeln, worin kleine theerige Partikeln hängen. Die Krystalle werden abfiltrirt und die Erwärmung wiederholt, wobei sich noch mehr Krystalle ausscheiden, die wieder nach der Abkühlung abfiltrirt werden; dieser Process wird dreimal wiederholt.

Die ausgeschiedenen Krystalle wurden in der geringsten Quantität kochenden Alkohols aufgelöst; die Auflösung wurde filtrirt und 25 Procent destillirtes 30 bis 40° warmes Wasser zugesetzt. Hierdurch schieden sich nun wieder Krystalle aus, die wieder auf dieselbe Art umkrystallisirt wurden. Der Schmelzpunkt der Krystalle wurde auf 200 bis 202° festgestellt, aber bei der nächsten Krystallisirung stieg der Schmelzpunkt auf 204 bis 205°, wobei es auch bei den zwei nächsten Krystallisirungen blieb.

Auf dieselbe Art wurde ein Osazon des Aetherextractes von Blut dargestellt; hierzu wurden ca. 1500<sup>ccm</sup> Hundeblut verwendet. Die Erwärmung im Wasserbad mit Schwefelsäure dauerte aber nur eine Viertelstunde, da die Auflösung um diesen Zeitpunkt braunroth wurde und die ausgeschiedenen Klumpen anfangen sich aufzulösen. Die Farbe schwand beinahe vollständig bei der Zusetzung von basischem essigsaurem Bleioxyd. Das Filtrat vom Schwefelblei wurde nicht bis zur Trockenheit eingedampft, sondern nur stark concentrirt, worauf Fenylhydrazin und Eisessig hinzugesetzt wurde. Ich bekam nun einen Osazon, dessen Schmelzpunkt sich constant auf 204 bis 206° hielt.

Es kann also aus dem in Aether auflösbaren Stoff ein anderer Stoff dargestellt werden, der gleichfalls reducirt, der in Aether unauflösbar ist, der (siehe Tabelle I) gährungsfähig ist, der den Polarisationsplan nach rechts dreht und der mit Fenylhydrazin ein Osazon bildet, das bei 204 bis 206° schmilzt.

Es ist daher eine grosse Wahrscheinlichkeit vorhanden, anzunehmen, dass dieser Stoff „Glucose“ ist. Inwiefern neben diesem Stoffe auch noch andere reducirende Stoffe vorhanden sind, will ich noch näher besprechen, wenn ich erst die Gährungsversuche mitgetheilt habe.

Bevor ich zu diesen übergehe, werde ich erst eine Beobachtung von Blaile<sup>1</sup> kurz besprechen, die uns zeigt, dass auch er bemerkt hat, dass die Reductionsfähigkeit des Blutes bei Säurebehandlung steigen kann. Er sagt nämlich, er habe gesehen, wie beim Kochen mit Schwefelsäure des Serums der Vena porta eines Hundes, der auf Kohlehydratdiät gesetzt war, das Reductionsvermögen von 0.375 Procent bis auf 0.500 Procent gestiegen sei, ohne dass es möglich gewesen wäre, im Serum das Vorhandensein von Dextrin nachzuweisen.

Diese Steigerung im Reductionsvermögen könnte ja möglicherweise dem Glycogen zugeschrieben werden, aber es ist ebenso wahrscheinlich, dass sie von dem in Aether auflösbaren Stoffe herrührt, der nach der Erwärmung mit Säure reduciren kann. Wenn wir nun das Reductionsvermögen der Auflösungen II und IV betrachten, so sehen wir, dass es immer ein geringeres war, als in den Auflösungen I und III. Es ist also sowohl in der Auflösung II wie IV ein Theil des reducirenden Stoffes weggegohren, aber es ist doch ein deutlicher Unterschied in der gegohrenen Menge, indem Auflösung II (wenn man die Serumversuche und die Blutversuche Nr. 2 ausnimmt) immer kräftiger reducirt als die entsprechende Auflösung IV.

Dieses Verhältniss wird in der untenstehenden Tabelle II näher beleuchtet, die nämlich diejenigen Versuche mit Leber und Blut enthält, wo ein Vergleich dieser Verhältnisse überhaupt möglich ist. Die Versuche in der Tabelle I, Nr. 1, 2, 3, 4 und 5, mit Serum zeigen uns dagegen, dass kein Unterschied in der Gährungsfähigkeit der Auflösungen II und IV ist.

Möglicherweise wird das abweichende Verhalten des Serums durch die Zeit bewirkt, die verfliesst, bis das Serum in Arbeit genommen werden kann. Wenn dies der Fall wäre, müsste man wohl dasselbe vom Blut erwarten, das dieselbe Zeit gestanden hat. Ich habe diese Sache nicht untersucht, da sie die reducirenden Stoffe im lebenden thierischen Organismus nicht direct berührt, sondern viel eher zu den Untersuchungen über Glycolyse gehört.

---

<sup>1</sup> Ueber den Zuckergehalt des Blutes. *Archiv f. Anatomie u. Physiol.* 1875.

Tabelle II.

Versuchsnummer		Verlust bei der Gährung vor der Säurebehandlung; Procent	Verlust bei der Gährung nach der Säurebehandlung; Procent	Differenz; Procent
Leber	Nr. 3	14	56	42
	" 4	75	ca. 100	ca. 25
	" 5	62	75	13
	" 6	70	85	15
Blut	" 1	59	81	22
	" 3	67	87	20
	" 4	86	89	3
	" 5	51	81	30

Um die Gährung zu verstehen, die in der Auflösung II vorgeht, untersuchte ich, inwiefern die Invertinmenge der zugesetzten Hefe von Bedeutung wäre. Der Versuch wurde auf folgende Art gemacht: Das in Wasser aufgelöste Aetherextract wurde in vier Theile getheilt: a) b) c) d). a) ist die Auflösung allein, b) ist a) mit Zusatz von Hefe.<sup>1</sup> Zwei Portionen a) wurde eine ebenso grosse Menge eines wässerigen Gährungs-extractes zugesetzt. Dies reducirte nicht, enthielt einzelne Gährzellen und invertirte Rohrzucker. Diese zwei Portionen werden zwei Stunden in den Thermostat bei 30° gestellt.

Zu der einen Portion (d) giebt man ebenso viel Hefe wie zu der früheren Portion (b) und die vierte Portion (c) bleibt unverändert.

Alle vier Portionen stehen nun zwölf Stunden im Thermostat.

Bei der Titrirung fand man:

a) 0.400 Procent,	}	Schwund 70 Procent.
b) 0.120 "		
c) 0.326 "	}	" 70 "
d) 0.096 "		

Man ersieht hieraus, dass der Schwund zwischen a) und b) einerseits und c) und d) andererseits procentisch gleich ist. Der Schwund zwischen a) und c) ist wahrscheinlich in den wenigen Gährzellen begründet, die im Gährextract gefunden wurden. Es scheint also, als ob die Menge des Invertins keine Rolle spiele. Es ist dagegen aber

<sup>1</sup> Dieser Zusatz geschieht gleichzeitig, als zu d) Hefe zugesetzt wird.



eine grosse Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Gährung noch nicht vollendet war, als die Titirungen vorgenommen wurden. Dass dies der Fall sein kann, sieht man aus dem Blutversuche Nr. 1, wo die Auflösung II nach Verlauf von 12 Stunden 0.048 Procent ergibt, während eine analoge Probe, die 36 Stunden stand, bis auf 0.042 Procent fiel. Da die entsprechende Auflösung I aber 0.118 Procent ergibt, so geht deutlich daraus hervor, dass die Gährung bei diesem Versuche zum grössten Theil in der ersten Zeit stattfand. Um diese Frage näher zu untersuchen, wurde eine wässerige Auflösung des Aether-extractes von einer Hundeleber in fünf gleich grosse Theile getheilt, die gleiche Menge Hefe wurde hinzugesetzt; die Titrirung ergab zu verschiedenen Zeitpunkten wie folgt:

gleich zeigte die Auflösung . . . . .	0.093 Proc.,
nach Verlauf von 6 Stunden zeigte die Auflösung	0.035 "
" " " 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " " " "	0.033 "
" " " 24 " " " "	0.029 "
" " " 50 " " " "	0.020 "

Auch aus diesem Versuche geht hervor, dass die Gährung im Anfang eine viel kräftigere ist, als später. Ich habe zu wiederholten Malen versucht, ob es möglich sei, aus der Auflösung II die ganze Menge des reducirenden Stoffes wegzugähren, aber dieser ist erst nach Verlauf von vier- oder sechsmal 24 Stunden verschwunden und der Geruch der Auflösung zeigte dann, dass die Verwesung eingetreten war.

Bei Auflösung IV geschieht wohl die Gährung schneller, aber auch hier ist es mir nicht gelungen, bei der jetzt angewandten Behandlungsmethode die ganze reducirende Stoffmenge wegzugähren, bevor Verwesung eintrat.

Man könnte vielleicht hieraus schliessen, dass gleichzeitig mit dem gährungsfähigen reducirenden Stoffe auch ein anderer Stoff vorhanden ist, der wohl reducirt, aber nicht gährungsfähig ist. Ich glaube aber kaum, dass dies der Fall ist; denn als ich bei zwei Versuchen (einer Hunde- und zwei Kaninchenlebern) die Säurebehandlung des Aether-extractes, der in einem Kolben in heissem Wasser versenkt war, längere Zeit fortsetzte (eine halbe Stunde), bekam ich eine Auflösung, die, nachdem sie 18 Stunden mit Hefe stand, keine Reduction mit Fehling's Flüssigkeit gab, und nur eine ganz schwache Spur von Reduction mit Sachse's

Es besteht deshalb wohl hinreichender Grund anzunehmen, dass die Behandlung mit Säure in den vorhergehenden Versuchen nicht

energisch genug war, so dass die Abspaltung der Glucose nur unvollständig geschah.

Dass Auflösung II überhaupt zu gähren vermag, liegt, glaube ich, daran, dass die Hefe die Glucose erst ausspaltet und hierauf die Gährung veranlasst. Nach und nach werden die Wirkungen der Hefe schwächer, wahrscheinlich weil die Nahrungsflüssigkeit ungünstiger geworden ist, und zuletzt hört die Wirkung ganz auf. Der Gährungsrest in der Auflösung IV wird auf dieselbe Art erklärbar sein.

Wenn man die hier besprochenen in Äther auflösbaren Stoffe mit anderen zusammenstellen wollte, müsste es wohl am ehesten mit Stoffen wie Cerebrinen, Glycoproteiden oder ähnlichen geschehen, die bei Behandlung mit Säure einen reducirenden Stoff abspalten. Nehmen wir z. B. zur Vergleichung das von Hammersten<sup>1</sup> untersuchte Pankreasproteid, so reducirt dies an und für sich nicht, ergibt aber beim Kochen mit Schwefelsäure einen reducirenden Stoff, der doch nicht Glucose ist. Uebrigens weiss ich durch eine persönliche Mittheilung von Prof. Hammersten und durch eigene Erfahrung in seinem Laboratorium, dass das genannte Proteid durch Erwärmung mit Natronhydrat so gespalten wird, dass sich eine weniger complicirte Verbindung bildet, die den reducirenden Stoff enthält, während ein Theil (das Albumin) in die Auflösung übergeht.

Es kommt mir in Analogie hiermit vor, als ob es möglich wäre, dass beim Kochen des in Äther auflösbaren Stoffes mit der Fehling'schen Flüssigkeit eine Spaltung durch das Alkali veranlasst wird und dass diese so intensiv ist, dass das Kohlehydrat frei wird und hierauf reducirend wirkt.

---

Als Resultat der vorhergehenden Untersuchung werde ich daher Folgendes feststellen:

- I. In der Leber und dem Blute ist ein in Äther auflösbarer Stoff zu finden, der bei Behandlung mit Schwefelsäure Glucose giebt.
- II. Der Stoff kann gähren.

Hierzu kommt noch, dass sowohl in der Leber als im Blute möglicherweise ein Stoff vorhanden ist, der nicht reducirt, der in Äther auflösbar ist, der aber nach Behandlung mit Schwefelsäure reducirend wirkt.

Da aber die Vermuthung der Anwesenheit dieses Stoffes ausschliesslich auf der Steigerung des Reductionsvermögens bei Behandlung mit Säure beruht, so ist in Folge des oben Angedeuteten die Möglichkeit

---

<sup>1</sup> *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* Bd. XIX.

vorhanden, dass es kein neuer Stoff ist, sondern dass die Spaltung in der Auflösung I mit dem Alkali in der Titrirflüssigkeit nicht vollständig gewesen ist und die Reduction aus diesem Grunde eine geringere geworden ist, als in der Auflösung III, wo die Spaltung theils schon früher durch Säurebehandlung geschehen ist.

Die erste Beobachtung, dass in der Leber und dem Blute ein in Äther auflösbarer Stoff vorhanden ist, rührt von Drechsel und Baldi her, die diesen Stoff „Jecorin“ nennen. Wenn ich diesen Namen in dem Vorhergehenden nicht benutzt habe, so ist der Grund hierzu dieser, dass das Jecorin möglicherweise ein Laborationsproduct ist, das durch die vielen Reinigungen des Aetherextractes hervorgerufen ist, die vorgenommen werden müssen, um ein Product von einigermaßen constanter Zusammensetzung zu erzielen. Dies wird auch von beiden Verfassern selbst als eine Möglichkeit hingestellt.

---

# Ueber den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.<sup>1</sup>

Von

Dr. med. Frits Tobiesen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität in Kopenhagen.)

## § 1. Einleitung.

Der Begriff des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes ist von Bohr aufgestellt. In zwei Abhandlungen<sup>2</sup> veröffentlicht er die Ergebnisse, welche ihn zu dem Schluss geführt haben, dass das Hämoglobin pr. Gramm Eisen nicht immer dieselbe Sauerstoffmenge bindet, und um ein Mass zu haben für das Vermögen des Blutes resp. des Hämoglobins, Sauerstoff zu binden, stellt er den Begriff „der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes“ auf, worunter er die Sauerstoffmenge versteht, welche vom Blute (Hämoglobin) pr. Gramm Eisen bei 15° und 760<sup>mm</sup> Druck aufgenommen wird.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist — wie von Bohr gezeigt — verschieden in dem arteriellen Blute verschiedener Individuen, verschieden in dem arteriellen und venösen Blute desselben Individuums, indem er im arteriellen Blute stets niedriger als im venösen befunden wurde. Er kann sich mittels verschiedener Eingriffe in demselben Individuum verändern, indem er theils steigen, theils fallen kann.

Die physiologische Bedeutung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes ist die, dass er ein Regulationsmittel für die Sauerstoffspannung in den Geweben des Organismus abgibt, so dass die Zellen der Gewebe zu jeder Zeit unter möglichst günstigen Verhältnissen ihre Umsetzungen abspielen.

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

<sup>2</sup> Chr. Bohr, *Sur les combinaisons de l'hémoglobine avec l'oxygène. — Sur la teneur spécifique du sang en oxygène. Extrait du Bulletin de l'académie royale danoise des sciences et des lettres.* Copenhague 1890.

Indem das Blut die Capillaren des Körpers durchströmt, verbrauchen die Zellen der Gewebe den Sauerstoff des Plasmas und bewirken dadurch eine Abnahme der Sauerstoffspannung; der Sauerstoff des Hämoglobins, der in den Blutkörperchen enthalten ist, wird dann in das Plasma hinaustreten, indem die Gestalt der Blutkörperchen durch ihre grosse Oberfläche ein solches Austreten sehr begünstigt. Durch dieses Austreten wird die Sauerstoffspannung des Plasmas und des Hämoglobins ausgeglichen, während es auf der Hand liegt, dass ihr absoluter Werth niedriger ist, als beim Einströmen des Blutes in die Capillaren. Diese Sauerstoffspannung wird durch erneuten Verbrauch seitens der Gewebezellen noch ferner abnehmen, eine Ausgleichung der Spannung des Plasmas und des Hämoglobins durch Austreten von Sauerstoff aus letzterem wird erfolgen, aber die Sauerstoffspannung des Plasmas und somit die dem Gebrauch der Gewebezellen zur Verfügung stehende Sauerstoffmenge wird sehr vermindert sein, und es wird den Zellen am Ende der Capillaren schwerer fallen, den nothwendigen Sauerstoff zu bekommen. Dieser Sachlage wird nun durch eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes abgeholfen. Denn es besteht ein umgekehrtes Verhältniss zwischen der Sauerstoffspannung und dem specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes: je grösser der letztere, um so geringer ist — wenn alle anderen Verhältnisse die gleichen sind — die Sauerstoffspannung und umgekehrt. Eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes wird daher ein Zunehmen der Sauerstoffspannung bewirken, und bei einer bestimmten Grösse dieser Abnahme wird die hierdurch herbeigeführte Zunahme der Sauerstoffspannung eine solche sein, dass die Spannungsabnahme durch den Verbrauch der Gewebezellen gänzlich aufgehoben wird. Umgekehrt wird eine Zunahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes eine Spannungsabnahme in den Geweben bedingen, wodurch die respiratorischen Bedingungen der Zellen beeinträchtigt wurden.

Die Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes kann durch eine Wirkung seitens der Gewebezellen erzeugt gedacht werden. Um das Hämoglobin zu verändern, wird durch die Gewebezellen eine Substanz secernirt, welche auf das durchströmende Blut solchermassen wirkt, dass der specifische Sauerstoffgehalt verändert wird. Die Richtung und Grösse der Hämoglobinveränderung wird durch den augenblicklichen Bedarf der Zellen bestimmt.

Aus dem oben Auseinandergesetzten wird erhellen, dass je grösser der Sauerstoffverbrauch in den Geweben pr. Gramm Hämoglobin ist, desto tiefer sinkt die Sauerstoffspannung des Blutplasmas und desto ungünstiger sind die respiratorischen Bedingungen der Gewebezellen.

Denselben Verbrauch vorausgesetzt, kann der Organismus auf zweifache Weise eine zu grosse Abnahme der Sauerstoffspannung verhindern:

- 1) durch eine Vermehrung des die Gewebe durchströmenden Blutes;
- 2) durch eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes.

In den von Bohr über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes angestellten früheren Versuchen wurde derselbe sowohl an normalen Individuen untersucht, als auch an solchen, welche ausserdem verschiedenen Eingriffen: Aderlassen, Einathmung sauerstoffarmer Luft und Vergiftungen unterworfen wurden. Die von mir angestellten Versuche sind theils innerhalb derselben Rahmen unternommen worden, die gewonnenen Ergebnisse completirend und ergänzend, theils habe ich die Wirkung einzelner neuer Eingriffe auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes untersucht.

## § 2. Das Versuchsverfahren.

Die Versuche, welche später angeführt werden, sind alle an dem lebendigen Organismus angestellt worden. Die Versuchsthiere waren grösstentheils Hunde, nur einzelne Versuche sind an neugeborenen Kälbern ausgeführt worden.

Das Arterienblut hat man verschafft, indem man in eine Arterie eine Canüle einfügte, wodurch dann die Entleerung erfolgte; um das venöse Blut zu gewinnen, wurden besondere Massregeln angewandt. Die venösen Blutproben wurden sämmtlich durch in die betreffenden Gefässe hineingelegte Katheter aspirirt.

Was den rechten Ventrikel des Herzens anbetrifft, wurde in denselben ein langer metallener Katheter durch die Vena jugularis externa eingeführt. Die Proben wurden aus der Vena cava inf. gewonnen, indem elastische Katheter durch die entblösste V. cava inferior in dieselbe eingeführt wurden; das Blut konnte dann die Vene an dem eingelegten Katheter ungehindert durchströmen. Bei mehreren Versuchen wurden zwei Blutproben von verschiedenen Orten der Vene gleichzeitig genommen, die eine Probe wurde dann aus dem oberen Theil der V. cava genommen, nachdem die V. hepatica ihr Blut ausgegossen hatte, die andere aus der unteren oberhalb der Bifurcatur. Bei solchen Versuchen wurden zwei Katheter eingeführt, einer durch jede V. femoralis. Um sich zu versichern, ob der in den rechten Ventrikel eingeführte Katheter sich auch wirklich dort befände, wurde er, wenn man vermuthete, dass er sich in seiner Lage befände, mit einem Quecksilbermanometer verbunden. Wenn der Katheter sich in dem Ventrikel befand, wurde das Quecksilber durch die Ventrikelsystole in

rhythmische Bewegungen versetzt. Diese Bewegungen konnten mit denen nicht verwechselt werden, welche gleich auftraten, nachdem der Katheter in die V. jugularis eingeführt war, und welche durch die Athmung bewirkt wurden.

Die Coagulation des Blutes in dem Katheter während der Zeit, die nothwendigerweise zwischen seiner Einführung und der Aspiration der Blutproben verstreichen musste, wurde verhindert, indem die Katheter, mit Blutegelinfus angefüllt und auswendig mit demselben benetzt, eingeführt wurden. Bei der Aspiration der Blutprobe wurde dann der Katheter durch Aussaugung sorgfältig mit Blut gespült, ehe die definitive Probe genommen wurde. Bei diesem Verfahren ist die Aussaugung der Proben immer ohne Schwierigkeiten von statten gegangen.

Die Blutproben wurden direct aus dem Thiere in sterilisirte Gläser aufgenommen, worin sie defibrinirt wurden. Sie wurden dann alle durch Leinwand filtrirt, und wenn sie nicht sogleich in Arbeit genommen wurden, auf Eis gestellt.

Die Bestimmung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes geschieht nun durch eine quantitative Analyse des Eisens und eine absorptionsmetrische Bestimmung der respiratorischen Capacität.

Die Eisenbestimmung wird in 40 <sup>cem</sup> Blut durch Eintrocknen und Einäscherung unternommen. Das Eisen wird darauf in Salzsäure gelöst und man titrirt die so gebildete Lösung mit einer Lösung von hypermangansaurem Kali.

Die Bestimmung der respiratorischen Capacität scheidet sich in drei Abtheilungen: die Schüttelung des Blutes mit Luft, das Auspumpen der Blutgase und die Analyse dieser Gase.

Um verglichen werden zu können, müssen alle Proben unter demselben Druck und derselben Temperatur geschüttelt werden. Dieses hat man durch folgende Vorrichtungen erreicht. Die Schüttelung geschieht mittels eines Motors, der alle Proben mit derselben Stärke schüttelt, während eine Wasserluftpumpe einen gleichmässigen und für die verschiedenen Blutproben immer gleich kräftigen Luftstrom durch die Flüssigkeit saugt. Das Verdampfen von Wasser im Blute während dieser Durchleitung erwies sich durch wiederholte Bestimmungen der Trockensubstanz vor und nach der Schüttelung als höchst unbedeutend; es wurde indessen gänzlich vermieden, indem die Luft vor ihrem Eintreten ins Blut eine Flasche mit destillirtem Wasser durchströmte.

Die Zeit, während welcher die Blutproben geschüttelt wurden, war für alle Proben dieselbe, 20 Minuten, und diese Zeit ist durchaus hinlänglich, um das Blut vollständig mit Sauerstoff zu sättigen. Da das Vermögen des Hämoglobins und des Blutes, Sauerstoff aufzunehmen, von

der Temperatur abhängt, wurde diese während der Schüttelung constant auf  $15^{\circ}$  gehalten, indem der Kolben, der das Blut enthält, während der Schüttelung in Wasser von  $15^{\circ}$  gesenkt wurde; man ist somit sicher, dass das Blut während der Schüttelung immer dieselbe Temperatur hat.

Das Auspumpen der Blutgase wurde mittels der Hagen'schen Luftpumpe unternommen. Die Form dieser Pumpe, welche im Laboratorium im stetigen Gebrauch ist, findet sich abgebildet und beschrieben in einer Abhandlung, die ehemals von dem Laboratorium ausgegangen<sup>1</sup> ist.

Die Gasanalyse wurde mittels des Petterson'schen, von Bohr modificirten, Apparates angestellt. Der Vortheil, welchen dieser Apparat bietet, ist eine grosse Genauigkeit, mit Einfachheit der Handhabung verbunden, so dass man nach einiger Uebung eine durchaus genaue Gasanalyse mit Leichtigkeit in weniger als einer halben Stunde ausführen kann. Der Hauptvortheil des Apparates ist indessen der, dass er eine ganze Reihe von Bestimmungen in geradezu unbegrenzter Menge nach einander erlaubt, ohne dass es nothwendig ist, Druck und Temperatur bei jeder einzelnen abzulesen, sondern nur bei der ersten, indem der Apparat so construirt ist, dass Druck und Temperatur während sämtlicher Bestimmungen unverändert bleiben. Da der Apparat in seiner hier angewandten Form nirgends beschrieben ist, wird unten eine Beschreibung folgen, nebst einer Angabe der Kunstgriffe, welche nothwendig sind, um die Analyse auf rechte Weise auszuführen.

Der Apparat wird von der Firma Franz Müller, Dr. H. Geissler's Nachfolger, Bonn a. Rh., mit ausgezeichnete Accuratesse verfertigt.

Die Buchstaben in dem nachfolgenden Text beziehen sich auf die der Abbildung.

Die Gase werden in einer genau graduirten Bürette gemessen, welche ca. 30<sup>ccm</sup> aufnehmen kann. Nach unten steht die Bürette durch ein Stück dickwandigen Gummischlauches luftdicht mit einem Glasrohre in Verbindung. Dieses Glasrohr trägt einen Hahn 7 und ist mit einem langen Gummischlauch verbunden, welcher einen Quecksilberbehälter *K* trägt; wenn dieser gehoben wird, füllt sich die Bürette mit Quecksilber; wird er wieder gesenkt, so übt das sinkende Quecksilber eine Aspiration in der Bürette aus. Nach oben hat die Bürette einen Hahn *H* mit zweifacher Bohrung. Die eine dient dazu, die Bürette mit einem Glaskreuz, mit dem sie zusammengeschmolzen ist, in Verbindung zu setzen. Die andere Bohrung geht durch die Längen-

<sup>1</sup> Chr. Bohr und Soph. Torup, *Sur la teneur en oxygène des cristaux d'oxyhémoglobine. Extrait du Bulletin etc.* Copenhague 1890. p. 7.

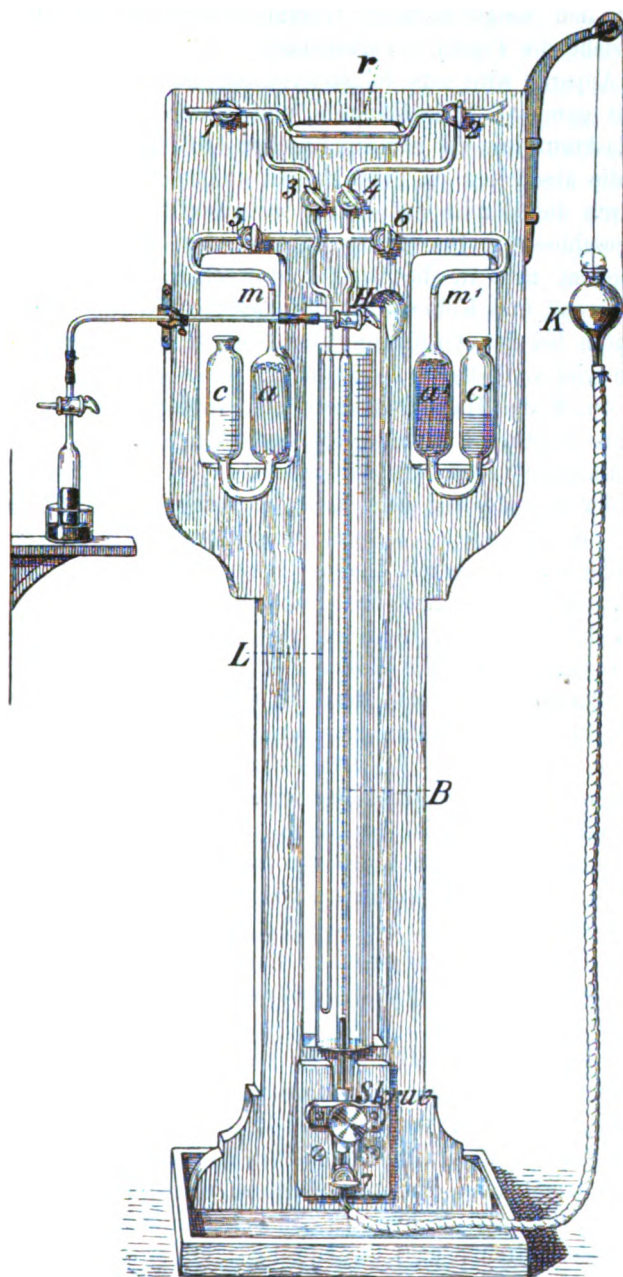


axe des Hahnpfropfens und setzt mittels eines gebogenen Glasrohres (siehe die Zeichnung Seite 279) die Bürette mit der äusseren Luft in Verbindung; dies ist der Weg, auf welchem die Gase, die analysirt werden, in die Bürette gelangen. Das herabsteigende Rohr des Glaskreuzes führt, wie gesagt, in die Bürette, das aufsteigende trägt einen Hahn (4) und steigt darauf bis zu einem Hahn mit T-Bohrung (2), wodurch es entweder mit der äusseren Luft oder mit dem horizontalen eingetheilten Rohr  $r$  in Verbindung gesetzt werden kann. Der linke Ast des Kreuzes trägt einen Hahn (5), und führt schliesslich zu dem Behälter  $a$ . Dieser enthält behufs Vergrösserung der Oberfläche eine Menge senkrecht stehender Röhren und dient dazu, die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit aufzunehmen; diese wird durch den offenen Behälter  $c$  angefüllt. Desgleichen trägt der rechte Ast den Hahn 6 und die Behälter  $a^1$  und  $c^1$ , zehnpcentige Kalilösung enthaltend, um die Kohlensäure zu absorbiren. Das horizontale Rohr  $r$  trägt rechts den Hahn 2, links den Hahn 1 nebst einem zum Hahn 3 herabsteigenden Rohr. Es enthält einen Tropfen Vaselineöl, welcher ungemein leicht beweglich ist. Das Rohr steht ferner durch das herabsteigende Rohr mit einem vollständig geschlossenen Luftbehälter  $L$  in Verbindung. Dieser hat ein Volumen von ca. 20 <sup>ccm</sup> und ist neben der Bürette in ein Cylinderglas mit destillirtem Wasser gesenkt. Durch den Boden des Glases passirt der untere Theil der Bürette.

Die Kalilösung, durch welche die Kohlensäure absorbirt wird, kann längere Zeit hindurch gebraucht werden, die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit muss dagegen jedesmal, wenn der Apparat benutzt wird, frisch bereitet werden.

Die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit ist eine ca. 12 procentige Lösung von sauerem schwefelsäuerlichem Natron mit Schwefelsäuerling gesättigt. Unmittelbar vor dem Gebrauch wird sie unter stetiger Abkühlung mit feinem Feiligt von Zink geschüttelt, bis die Wärmeentwicklung aufgehört hat.

Ist die Bürette nun halb mit Luft gefüllt und mit dem Glaskreuze in Verbindung gebracht, der Hahn 2 so gedreht, dass ausschliesslich zwischen diesem und dem horizontalen Rohre Verbindung ist, die Hähne 7, 6 und 5 geschlossen und 4 offen, so wird jede Bewegung des Quecksilbers in der Bürette eine Verschiebung des Oeltropfens bewirken. Kleine Verschiebungen desselben können ja nicht durch Hebung und Senkung des Quecksilberbehälters geschehen, denn dadurch würde sogleich eine so grosse Druckveränderung bewirkt, dass die Luft den Tropfen zerreißen und nach aussen und innen hindurch passiren würde. Kleine Bewegungen des Tropfens werden daher mittels



einer auf den eingeschalteten Gummischlauch wirkenden Schraube („Skrue“ siehe die Figur) bewerkstelligt.

Der Apparat wird nun folgendermassen zur Aufnahme einer Analyse bereit gemacht. Die Hähne 1 und 3 werden geöffnet, durch 2 ist das Glaskreuz mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, 4 wird geöffnet, die absorbirenden Flüssigkeiten aufgegossen und mittels Aspiration durch die Bürette auf  $m$  und  $m^1$  gestellt, die Hähne 5 und 6 werden geschlossen. Der ganze Apparat wird darauf mit Stickstoff gefüllt, indem man in die Bürette atmosphärische Luft hineinsaugt, deren Sauerstoff und Kohlensäure auf dieselbe Weise absorbiert werden, wie es unten bei der Ausführung der Analyse besprochen wird. Man nimmt so viel Luft herein, dass man, wenn einige Cubikcentimeter Stickstoff durch den Hahn 2 ausgetrieben worden sind, noch ca.  $10^{\text{cm}}$  im Apparat behält. Nachdem der überflüssige Stickstoff durch den Hahn 2 hinausgetrieben ist, wird dieser sofort so gedreht, dass nur zwischen der Bürette und dem Rohre  $r$  Verbindung stattfindet. Man liest dann das Barometer ab und mischt sorgfältig das Wasser des Wasserbehälters, um überall dieselbe Temperatur zu haben; diese wird abgelesen, und indem man den Hahn 1 schliesst, markirt man die Stelle des Oeltropfens im Rohre  $r$ . Das Gasvolumen der Bürette wird nun abgelesen, während die Hähne 3 und 4 stets offen sind, und indem man darauf Acht giebt, dass der Oeltropfen unbeweglich an der markirten Stelle bleibt. Man hat nun zwischen der Luft der Bürette und der des Luftbehälters das Gleichgewicht hergestellt. Da die Luft des letzteren unter dem Druck der Atmosphäre stand und die Temperatur des Wassers hatte, ist das Gasvolumen genau unter diesem Druck und bei dieser Temperatur abgelesen, und wenn die Hähne 1 und 2 verschlossen bleiben, werden alle nachfolgenden Bestimmungen ebenfalls unter diesem Druck und bei dieser Temperatur stattfinden.

Nach der Bestimmung werden die Hähne 3 und 4 geschlossen; wird dies unterlassen, so geht die Analyse verloren, weil der Oeltropfen zerplatzt, denn man treibt jetzt, indem man den Quecksilberbehälter hebt, die Luft aus der Bürette in den Behälter  $a^1$  hinüber. Die Hähne 3 und 4 müssen geschlossen werden, bevor der Hahn 6 geöffnet wird, denn sonst wird von  $a^1$  aus eine Aspiration erfolgen, welche gleichfalls den Tropfen zersprengen wird. Sind diese Gefahren vermieden, so treibt man das Quecksilber so weit in die Bürette hinauf, dass die Bohrung des Hahnes  $H$  gänzlich gefüllt wird, und derselbe wird dann so gedreht, dass die Bürette mit der Luft in Verbindung kommt. Der Hahn 6 wird vorher geschlossen. Die Gase, die analysirt werden, sind folgendermassen in die Bürette gebracht.

Der Behälter, der sie einschliesst, wird mittels eines Gummischlauches luftdicht mit dem gebogenen Glasrohr verbunden, und der, auf dem Behälter befindliche, zweifach durchbohrte Hahn wird so gestellt, wie die Figur es anzeigt; die zweite Bohrung ist im voraus gänzlich mit Quecksilber gefüllt. Man treibt jetzt die Luft und einige Tropfen Quecksilber durch die axiale Bohrung des Hahnpfropfens des Luftbehälters heraus, indem man den Quecksilberbehälter *K* hebt, dann wird die andere Bohrung hervorgekehrt, wodurch die Gase des Luftbehälters mit der Bürette in Verbindung kommen. Senkt man nun *K*, so werden die Gase in die Bürette hinübersogogen; darauf wird *H* so gedreht, dass die Bürette mit dem Glaskreuz in Verbindung kommt, wodurch der kleine, in der Hahnbohrung sitzende Quecksilbertropfen von selbst herausfällt. Der Druck in der Bürette wird nun dem der Atmosphäre gleich gemacht, indem man die Oberfläche des Quecksilberbehälters im Niveau mit dem des Quecksilbers in der Bürette hält, während der Hahn 7 offen steht. Man öffnet darauf vorsichtig die Hähne 3 und 4 (den einen nach dem anderen) und bringt mittels der Schraube den Oeltropfen an seinen Platz, mischt das Wasser und liest das Gasvolumen ab, wenn der Tropfen richtig an Ort und Stelle ist. Darnach werden 3 und 4 geschlossen und die Gase nach *a*<sup>1</sup> gebracht, wo die Kohlensäure absorbirt wird, in die Bürette zurückgesogogen und ihr Volumen abgelesen; nachdem 3 und 4 geöffnet, 6 vorher geschlossen ist. Man macht dann 3 und 4 wieder zu, und die Gase werden in *a* hinübergebracht, wo der Sauerstoff absorbirt wird. Die Absorption des Sauerstoffes nimmt im Vergleich mit der der Kohlensäure etwas Zeit in Anspruch; man muss die Luft in *a* bewegen und mischen, was man erzielt, indem man sie wiederholt in die Bürette und nach *a* zurückbringt, während man Acht giebt, dass die Absorptionsflüssigkeit nicht höher als bis *m* und *m*<sup>1</sup> steigt. Je mehr der Sauerstoff absorbirt wird, um so höher steigt das Quecksilber in der Bürette; findet man dann, dass das Quecksilber, nachdem die Luft in *a* gewesen ist, seinen Platz in der Bürette nicht verändert, so nimmt man den Sauerstoff für absorbirt an. Die Luft, die sich jetzt rechts vom Hahn 6 befindet, enthält indessen noch ein wenig Sauerstoff, welcher hier zurückblieb, als die Kohlensäure absorbirt wurde. Um diesen Sauerstoff absorbiren zu lassen, bringt man die Luft aus *a* in die Bürette, schliesst den Hahn 5 und öffnet 6, worauf die Luft in *a*<sup>1</sup> getrieben wird. Hier wird sie mit der im Rohr befindlichen vollständig vermischt, indem man den Behälter *K* ein paarmal hebt und senkt. Schliesslich wird sie in *a* gebracht, wo der Sauerstoff absorbirt wird. Die Luft in *a* ist dann reiner Sauerstoff, mit Schwefelsäuerlingdämpfen gemischt. Letztere werden

absorbirt, indem die Luft zum letztenmal nach  $a^1$  geführt wird. Ist dies geschehen, so saugt man die Luft in die Bürette und bestimmt ihr Volumen, wie früher erwähnt, nachdem der Hahn 6 zugemacht ist.

Will man nun eine neue Analyse machen, so bringt man den in der Bürette befindlichen Stickstoff nach  $a^1$ , schliesst den Hahn 6 und führt die Gase durch den Hahn  $H$  ein u. s. w.

Der Apparat verlangt, dass man zu jeder Zeit sehr aufmerksam ist und erinnert, die Hähne zu schliessen, denn sonst zerplatzt der Oeltropfen und die Analyse geht verloren. Ebenso verliert man die Analyse, wenn die Absorptionsflüssigkeiten in die Bürette hinübergesogen werden, und dieses ist noch schlimmer, denn Bürette, Quecksilberbehälter und Röhre müssen dann vor weiterem Gebrauch sorgfältig gereinigt werden. Solches Uebersaugen ereignet sich leicht, wenn man sich nicht versichert, dass die Hähne vor jeder Manipulation richtig gestellt sind, was man doch nach einiger Uebung geradezu unwillkürlich beachtet.

Es soll noch bemerkt werden, dass der Raum in der Bürette feucht gehalten wird, so dass die Ablesungen unter Zulage der Tension des Wasserdampfes für die abgelesene Temperatur gemacht sind.

### § 3. Der Einfluss des Aderlasses auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

Unter den Versuchen, welche von Bohr gemacht wurden, um das Verhalten des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes im Organismus zu erhellen, finden sich auch solche, die den Aderlass behandeln. Sie geben uns nur über das Verhalten des arteriellen Blutes nach dem Aderlass Aufschlüsse, aber keine darüber, wie der specifische Sauerstoffgehalt des Arterien- und der des Venenblutes sich einander gegenüber verhalten; die Versuche haben an den Tag gelegt, dass der Aderlass immer eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes bewirkt. Diese Versuche sind, wie die von mir angestellten, nach zwei Verfahrungsarten gemacht. Nach dem einen Verfahren lässt man dem Thiere zur Ader und bestimmt in einem Theile des Blutes den specifischen Sauerstoffgehalt, dann wird das Thier während eines oder mehrerer Tage sich selber überlassen, worauf man wieder eine Blutprobe nimmt, deren specifischer Sauerstoffgehalt bestimmt wird. Während der zwischenliegenden Zeit wird das Thier sein Blutvolumen regeneriren und ein oligocythämischer Zustand wird sich einstellen, da die Regeneration der Blutkörperchen innerhalb eines so kurzen Zeitraumes kaum begonnen hat. Nach dem anderen Verfahren hat man dem Thiere erst zur Ader gelassen und dann ebensoviel 0.7 procentige Chlornatriumlösung intra-

venös injicirt, wie man dem Thiere Blut geraubt hatte, und nachdem die Verdünnung des Blutes auf diese Weise bewerkstelligt war, nahm man nach einer halben Stunde, wenn man die Zusammensetzung des Blutes für ausgeglichen annehmen durfte, eine Blutprobe, deren specifischer Sauerstoffgehalt bestimmt wurde.

Das beim Aderlass wirkende Moment ist dieser oligocythamische Zustand, durch die langsame Regeneration der Blutkörperchen und die schnelle Regeneration des Plasmas bewirkt; um den Einfluss dieses Zustandes auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes zu untersuchen, sind die Versuche ausgeführt worden.

Unten sind die Versuche angeführt, welche in dieser Absicht gemacht wurden. Während V. cava die Blutprobe aus dem oberen Theil der V. cava, nachdem das Leberblut zugemischt ist, bezeichnet, giebt V. femoralis die Probe aus dem unteren Theil gleich über der Bifurcatur an.

Versuch 51—52. Hund.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist in:

Arteria 386, rechtem Ventrikel 391.

24 Stunden, nachdem man durch Blutprobenentnahme dem Thiere 300 <sup>ccm</sup> Blut geraubt hatte, werden wieder Proben genommen.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 390, rechtem Ventrikel 369, V. cava 379.

Versuch 57—58. Hund. Gewicht 32 <sup>kg</sup>, Totalblutmenge ( $\frac{1}{13}$  des Gewichts) 2500 <sup>ccm</sup>.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 419, rechtem Ventrikel 414, V. cava 429.

48 Stunden nach dem durch die Blutprobeentnahme bewerkstelligten Aderlass von 300 <sup>ccm</sup> ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 419, rechtem Ventrikel 401, V. cava 427.

Versuch 59—60. Hund. Gewicht 10 <sup>kg</sup>, Totalblutmenge 770 <sup>ccm</sup>.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 387, rechtem Ventrikel 392, V. cava 398.

Nach dem durch die Blutprobeentnahme bewirkten Aderlasse von 300 <sup>ccm</sup> werden intravenös 300 <sup>ccm</sup> NaCl-Lösung injicirt. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 389, rechtem Ventrikel 376.

Versuch 63—66. Kalb. Gewicht 40 <sup>kg</sup>, Totalblutmenge 3000 <sup>ccm</sup>.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 377, rechtem Ventrikel 379, V. cava 375.

Nachdem man dem Thiere 1200 <sup>ccm</sup> Blut abgenommen hat, werden intravenös 800 <sup>ccm</sup> NaCl-Lösung injicirt. Eine halbe Stunde danach ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 361, rechtem Ventrikel 358, V. cava 374.

Versuch 62—65. Hund. Gewicht 12 kg, Totalblutmenge 920 ccm.

Der spezifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 388, rechtem Ventrikel 376.

Dem Thiere wurden 400 ccm Blut entzogen. 10 Tage später ist der spezifische Sauerstoffgehalt in:

Arteria 347, rechtem Ventrikel 330.

Versuch 68—69. Hund. Gewicht 50 kg, Totalblutmenge 3900 ccm.

Der spezifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 397, rechtem Ventrikel 394, V. cava 418.

Dem Thiere werden 600 ccm Blut entzogen. 2 Tage darauf ist der spezifische Sauerstoffgehalt in:

Arteria 388, rechtem Ventrikel 378, V. cava 380, V. femoralis 383.

Dann werden dem Thiere wieder 1700 ccm Blut abgenommen, und 1700 ccm NaCl-Lösung werden ihm intravenös injicirt. Nach  $\frac{1}{2}$  Stunde ist der spezifische Sauerstoffgehalt in:

Arteria 352, rechtem Ventrikel 360, V. cava 350, V. femoralis 387.

Versuch 74—75. Hund. Gewicht 21 kg, Totalblutmenge 1600 ccm.

Der spezifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 395, rechtem Ventrikel 383, V. femoralis 394.

Dem Thiere werden 800 ccm Blut entzogen, dann 700 ccm NaCl-Lösung intravenös injicirt; darauf wieder 400 ccm Blut entzogen und 500 ccm NaCl-Lösung intravenös injicirt. 24 Stunden später ist der spezifische Sauerstoffgehalt in:

Arteria 354, rechtem Ventrikel 359, V. femoralis 378.

Versuch 54—55. Hund. Gewicht 12 kg, Totalblutmenge 920 ccm.

Der spezifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 382, rechtem Ventrikel 385, V. cava 380.

Dem Thiere werden in allem 500 ccm Blut entzogen. 24 Stunden darnach ist der spezifische Sauerstoffgehalt in:

Arteria 355, rechtem Ventrikel 393, V. cava 353.

Während dieser Blutentnahme agonisirt das Thier. Die Arterien sind blutleer, contrahirt.

Betrachten wir jetzt die Aufschlüsse, welche diese Versuche uns geben, so finden wir sie mit denen der früheren Versuche übereinstimmend. Der spezifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes hat sich bald verändert, bald ist er der nämliche geblieben. Während aber bei den früheren Versuchen, wo der spezifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes sich unverändert hielt, keine Wirkung des Aderlasses nachgewiesen werden konnte,<sup>1</sup> sieht man eine solche bei den vorliegenden Versuchen, wenn man den spezifischen Sauerstoffgehalt des Blutes des

<sup>1</sup> Bohr, *Sur la teneur spécifique du sang en oxygène.* p. 31.

rechten Ventrikels betrachtet. Man sieht dann, dass der Aderlass den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf zweifache Weise beeinflusst, wonach die Versuche in zwei Gruppen zerfallen.

Entweder geht das Sinken des specifischen Sauerstoffgehaltes so vor, wie die 3 zuerst angeführten Versuche es zeigen: der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes bleibt unverändert, während er im rechten Ventrikel abnimmt, so dass der Unterschied zwischen dem des Arterien- und dem des Venenblutes vergrößert wird. Oder die Veränderung geschieht andererseits so, dass der specifische Sauerstoffgehalt in der Arterie und dem rechten Ventrikel auf parallele Weise sinkt, wie die 4 letzten Versuche es zeigen.

Dieser Unterschied in der Wirkung des Aderlasses hängt möglicherweise mit einem Unterschied in der Geschwindigkeit des Blutes zusammen. Wie früher auseinandergesetzt, kann der Organismus auf zweifache Weise dem Sinken der Sauerstoffspannung im Blute der Capillaren entgegenarbeiten, dieses hat ja eine Bedeutung für den Organismus, da die Spannungsabnahme den Geweben ungünstigere Bedingungen verschaffen wird. Der Spannungsabnahme wird entgegen gearbeitet entweder mittels einer Vermehrung der Menge des die Capillaren durchströmenden Blutes, oder mittels einer Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes. Es liegt deshalb auf der Hand, dass ein Unterschied der Geschwindigkeit des Blutes während der verschiedenen Versuche einen Unterschied der Wirkung des Aderlasses auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes bewirken kann.

Indessen wissen wir gar nichts von der Geschwindigkeit des Blutstromes, nachdem die durch den Aderlass bewirkte Oligocythämie sich entwickelt hat; denn die Versuche, welche, von Volkmann<sup>1</sup> und Dittmar-Finkler<sup>2</sup> herrührend, sich in der Litteratur finden, sind alle gleich nach dem Aderlasse unternommen, wenn die Blutmenge noch nicht wieder hergestellt ist. Dass die Geschwindigkeit des Blutstromes verschieden sein kann, je nachdem die Blutmenge mehr oder minder wieder hergestellt und die Blutgefäße deshalb mehr oder minder contrahirt sind, liegt auf der Hand.

Einen besonderen Platz unter den Versuchen nehmen Nr. 54 und 55 ein. Hier hat der Aderlass eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterien- und V. cava-Blutes bewirkt. Dieses abweichende Verhalten hängt indessen von den sehr abnormen Verhältnissen ab, unter denen sich dieses Thier befand; es war in Agonie,

<sup>1</sup> Volkmann, *Die Hämodynamik*. S. 197.

<sup>2</sup> Dittmar-Finkler, *Archiv für die ges. Phys.* Bd. X, S. 369.



während die Blutproben genommen wurden, und hochgradig anämisch. Kein Wunder dann, dass der specifische Sauerstoffgehalt sich auf eine von der gewöhnlichen so verschiedene Weise verhält.

#### § 4. Der specifische Sauerstoffgehalt unter normalen Verhältnissen.

Die früher von Bohr<sup>1</sup> angestellten Versuche über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes in dem lebenden Organismus, der keine anderen Eingriffe als die Entnahme der Blutproben erlitten hat, haben — wie angeführt — den Aufschluss gegeben, dass der specifische Sauerstoffgehalt in jedem einzelnen Individuum verschieden ist, und dass das arterielle Blut einen höheren specifischen Sauerstoffgehalt als das Venenblut im unteren Theile der Vena cava inferior hat. Die Frage nach den Verhältnissen des specifischen Sauerstoffgehaltes im lebenden Organismus bot also noch verschiedene Lücken dar, unter denen ich einige auszufüllen versucht habe, indem ich gleichzeitige Bestimmungen des specifischen Sauerstoffgehaltes in dem Arterienblute und an verschiedenen Stellen der venösen Seite des Kreislaufes angestellt habe.

Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate derjenigen Versuche, bei denen das Versuchsthier keine anderen Eingriffe erlitt, als die für die Entnahme der Blutproben nothwendigen. V. femoralis bezeichnet wie früher das Venenblut aus dem unteren Theile der V. cava inferior gleich über der Bifurcatur. (Siehe die Tabelle Seite 287.)

Es wird aus der Tabelle ersichtlich sein, dass der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes, wie früher festgestellt, variabel, bei den verschiedenen Individuen verschieden ist. Vergleichen wir das Arterienblut mit dem Venenblute der V. cava und V. femoralis, so werden wir finden, dass der specifische Sauerstoffgehalt in den beiden Gefässen in einigen Fällen derselbe ist, in anderen dagegen einen Unterschied darbietet. Hier muss man aber erinnern, dass der Umstand, dass so viele der untersuchten Fälle keinen Unterschied zwischen dem Arterien- und dem Venenblute darbieten, nicht beweist, dass kein solcher Unterschied des specifischen Sauerstoffgehaltes beim durchaus normalen, sich frei bewegenden Thier zu finden sei. Der fehlende Unterschied könnte theils darauf bezogen werden, dass das Thier sich während des Versuches in einer sehr abnormen Situation befindet, indem es unbeweglich gebunden und zuweilen morphinisirt ist, theils darauf, dass man bei einer grossen Menge der Versuche einen Katheter in den rechten

---

<sup>1</sup> Bohr, a. a. O., S. 28.

Nummer des Versuches	Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:			
	Arteria	rech. Ventrikel	V. cava	V. femoralis
76	372	—	—	—
61	375	—	373	—
77	376	—	—	—
63	377	379	375	—
64	379	384	—	—
54	382	385	380	—
67	385	380	—	—
51	386	391	—	—
59	387	392	398	—
62	388	376	—	—
73	389	388	—	404
74	395	383	—	394
72	396	380	384	394
71	396	—	—	388
68	397	394	418	—
70	400	—	—	—
57	419	414	429	—

Herzventrikel eingeführt hat. Es liesse sich leicht denken, dass ein solcher Katheter das Klappenspiel störte und dadurch eine langsamere Blutströmung hervorbrächte, die, wie oben erwähnt, den Unterschied zwischen dem specifischen Sauerstoffgehalt des Arterien- und des Venenblutes verwischen könnte. Da ein solcher Katheter bei den früheren Versuchen nicht eingeführt wurde, ist dies zu bedenken, wenn man die Versuche vergleicht.

Indessen findet man bei einem grossen Theil der Versuche einen deutlichen Unterschied zwischen dem Arterien- und dem Venenblute, und diese Versuche erlauben uns denn zu untersuchen, an welcher Stelle im Organismus der Uebergang vom hohen zum niedrigen specifischen Sauerstoffgehalt und umgekehrt vorgeht. Es geht nun hervor, dass dieser Uebergang auf verschiedene Weise geschehen kann.

Bei den Versuchen 74 und 72 ist der Uebergang in der Lunge erfolgt, der specifische Sauerstoffgehalt ist 395 und 396 nach, 383 und 380 vor der Passage durch die Lunge. Andererseits zeigen einige der Versuche, dass das Venenblut des rechten Ventrikels denselben specifischen Sauerstoffgehalt wie das Arterienblut haben kann, während sich in den peripheren Theilen des venösen Systems ein von dem der Arterie abweichender specifischer Sauerstoffgehalt findet. Versuche, die dieses zeigen, sind 57, 68 und 73. Der Uebergang des specifischen

Sauerstoffgehaltes von dem höheren zum niedrigeren Werthe ist bei den Versuchen 68 und 57 im rechten Herzventrikel selbst geschehen, wo der specifische Sauerstoffgehalt 394 und 414 ist, während er in V. cava über V. hepatica 418 und 429 beträgt. Der Uebergang ist geschehen entweder durch die Einmischung von Blut von niedrigem specifischem Sauerstoffgehalt aus der V. cava superior oder durch die Einwirkung desjenigen Secretes, welches das Blut beim Eintreten in den rechten Herzventrikel in sich aufnimmt, der Lymphe nämlich. Um darüber Aufschlüsse zu erhalten, in wiefern der Lymphe eine solche Wirkung auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes zugeschrieben werden konnte, habe ich ausserhalb des Organismus einige Versuche angestellt.

Durch Einführung einer Canüle in den ductus thoracicus eines Hundes gelang es mir, Lymphe zu erhalten. Dieser wurden nun Blutproben und reingewaschene Blutkörperchen beigemischt. Die Mischung stand drei Stunden lang ruhig bei 37°, um der Lymphe Zeit zu geben, ihre Wirkung auszuüben. Indessen stellte es sich heraus, dass die Lymphe den specifischen Sauerstoffgehalt gar nicht beeinflusste, ohne dass das negative Resultat dieser Versuche die Möglichkeit ausschliesst, dass die Lymphe im lebenden Organismus auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes wirken kann.

Da es in diesem Zusammenhang wünschenswerth sein wird, alle Arten zu betrachten, wie die Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes verlaufen kann, wird bemerkt, dass der Uebergang von einem hohen specifischen Sauerstoffgehalt in der V. femoralis zu einem niedrigen — beinahe von derselben Grösse im rechten Herzventrikel und in der Arterie — durch Einmischung von Lebervenenblut erfolgen kann. Der Versuch, welchen ich als Beweis davon anführen kann, ist indessen einer der Aderlassversuche, Nr. 69 zweite Bestimmung; hier ist der specifische Sauerstoffgehalt des peripherischen Venenblutes 387, nach Einmischung des Lebervenenblutes aber 350, und gleichzeitig ist der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes 352 und der des Blutes des rechten Herzventrikels 360, so dass es deutlich hervorgeht, dass die Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes dem Lebervenenblut zu verdanken ist.

##### § 5. Die Einathmung sauerstoffreicher Luft beeinflusst den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

In seiner oben angeführten Abhandlung hat Bohr darüber Versuche angestellt, wie ein verminderter Partialdruck des Sauerstoffes der Inspirationsluft den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes beeinflusst.

In den vier angestellten Versuchen, bei welchen die Individuen eine Luft, welche nur 8 Procent Sauerstoff enthielt, einathmeten, fand sich stets eine sehr ausgeprägte Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterienblutes, nachdem das Thier ca. eine halbe Stunde diese Luftmischung eingeathmet hatte. Bei zweien dieser Versuche wurde gleichzeitig der specifische Sauerstoffgehalt des Venenblutes bestimmt. Es zeigte sich nun das sonderbare Phänomen, dass der specifische Sauerstoffgehalt des Venenblutes sich unverändert verhielt. Im Anschluss hieran habe ich nun Versuche angestellt, um den specifischen Sauerstoffgehalt zu beeinflussen, indem ich die Thiere sauerstoffreiche Luft einathmen liess. Die Versuche folgen hier:

Versuch 65. Hund. Gewicht 12 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 347, rechtem Ventrikel 380.

Der Hund athmet 35 Minuten lang eine Luft von 98 Procent Sauerstoff ein, worauf man unter fortwährender Einathmung derselben Mischung Blutproben nimmt. Der specifische Sauerstoffgehalt ist nun in:

Arterie 372, rechtem Ventrikel 358.

Versuch 70. Hund. Gewicht 11.5 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 400.

Das Thier athmet nun 41 Minuten hindurch die sauerstoffreiche Luft ein, worauf man eine arterielle Blutprobe nimmt, während das Thier die Sauerstoffeinathmung fortsetzt. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist dann in:

Arterie 380.

Dem Thiere werden nun 300 ccm Blut entzogen, worauf intravenös 500 ccm Kochsalzlösung injicirt werden. Eine halbe Stunde später ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 357.

Das Thier athmet nun 31 Minuten lang Sauerstoff ein, der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 377.

Versuch 71. Hund. Gewicht 16 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 396,

V. femoralis 388.

Das Thier athmet nun 32 Minuten hindurch Sauerstoff ein, worauf der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 385,

V. femoralis 386.

450 ccm Blut werden dann dem Thiere entnommen, und 850 ccm Kochsalzlösung werden intravenös injicirt. 45 Minuten später wird

eine arterielle Blutprobe genommen. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 377.

Das Thier athmet dann während 11 Minuten Sauerstoff ein, dann ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 351.

Bei den soeben angeführten Versuchen wurde die Einathmung sauerstoffreicher Luft auf Thiere angewandt, die entweder nur diesem Eingriffe nebst der Entnahme der Blutproben unterworfen wurden oder gleichzeitig einen Aderlass erlitten. Bei den beiden folgenden Versuchen haben die Versuchsthiere Sauerstoff unter erhöhtem Druck eingeathmet. Die Versuche wurden so angestellt, dass die Thiere, denen eine Trachealkanüle angelegt worden war, in einer schweren eisernen Glocke, in welcher die Luft comprimirt wurde, angebracht wurden. Die Trachealkanüle wurde mit einem Ventilapparat verbunden, wodurch das Thier sauerstoffhaltige Luft aus einem Spirometer athmete, welcher ebenfalls unter der Glocke angebracht war. Wenn der Sauerstoff des Spirometers verbraucht war, wurde das Spirometer aus einem ausserhalb der Glocke angebrachten Behälter mit comprimirtem Sauerstoff wieder gefüllt. Bevor das Thier darauf begann, die sauerstoffreiche Luft einzathmen, wurde eine arterielle Blutprobe genommen, und die andere wurde sogleich, nachdem die Entlastung aufgehört hatte, genommen.

Versuch 76. Hund. Gewicht 8 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 372.

30 Minuten lang athmet das Thier nun ca. 93 Procent Sauerstoff unter 2.6 Atmosphären Druck. Entlastung während 8 Minuten.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 371.

Versuch 77. Hund. Gewicht 10.8 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 376.

30 Minuten hindurch athmet das Thier ca. 93 Procent Sauerstoff unter 2.8 Atmosphären Druck. Entlastung 8 Minuten. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 373.

Betrachten wir zuerst die Versuche, bei denen das Thier sauerstoffreiche Luft unter dem Druck der Atmosphäre eingeathmet hat, so war es, wie angeführt, ausser der Einathmung von Sauerstoff auch einem Aderlass unterworfen, welcher theils durch die Entnahme der Blutproben bewirkt, theils noch ausserdem unternommen wurde. Wie angeführt, befindet

sich der Organismus nach dem Aderlasse in verschiedenem Zustand, je nachdem das Blutvolumen wiederhergestellt ist oder nicht, ein Verhältniss, das man bedenken muss, wenn man die Versuche betrachtet. Die Zahlen der Versuche beweisen, dass die Einathmung von Sauerstoff den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf durchaus regellose Weise beeinflusst; bald wird er durch die Sauerstoffeinathmung erhöht und bald vermindert, ohne dass man eine Regel dafür finden könnte.

Dass die gefundene Wirkung wirklich der Sauerstoffeinathmung und nicht dem Aderlasse zu verdanken ist, liegt auf der Hand, denn der Aderlass vermindert stets den specifischen Sauerstoffgehalt und wirkt ohne nachfolgende Injection von Kochsalzlösung nicht innerhalb so kurzer Zeiträume, wie es hier der Fall ist.

An den Versuchen 65 und 70 haben wir Beispiele, wie die Einathmung von Sauerstoff den specifischen Sauerstoffgehalt verschiedener Individuen auf verschiedene Weise beeinflusst; wir haben zwei Individuen, welche beide einen bedeutenden Aderlass erlitten haben, und welche sich rücksichtlich der Wiederherstellung des Blutvolumens in derselben Lage befinden. Beim einen bewirkt nun die Sauerstoffeinathmung eine Vergrösserung, beim anderen eine Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes.

Bei zwei Versuchen finden sich gleichzeitige Bestimmungen des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterien- und des Venenblutes nach der Einathmung; in dem einen Falle, wo der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes mit dem des gesammten Venenblutes verglichen wurde, ist er an beiden Stellen vermehrt, nur verhältnissmässig ein wenig mehr im rechten Ventrikel; in dem anderen, wo das Arterienblut mit dem Blute des unteren Theiles der V. cava inferior verglichen wurde, wird der Unterschied des specifischen Sauerstoffgehaltes ausgeglichen, aber die Ausschläge sind so klein, dass man daraus nichts schliessen kann. Versuch 70 verdient hervorgehoben zu werden, weil er uns so schön zeigt, wie man durch verschiedene Eingriffe den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes ändern kann.

Im Verlaufe von zwei Stunden schwankt der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes zwischen 400 und 357; zuerst durch Sauerstoffeinathmung sinkend, darauf durch Aderlass noch ferner vermindert, wird er dann durch Sauerstoffeinathmung, welche ihn vorher zum Sinken brachte, wieder vermehrt.

Bei den beiden letztangeführten Versuchen athmete das Versuchsthier 93.3 Procent Sauerstoff unter dem Druck von 2.6 und 2.3 Atmosphären ein. Während des Versuches wurde die Athmung der Thiere unregelmässig, bald ruhig und tief, bald oberflächlich und beschleunigt;

beide Thiere hatten einzelne klonische Zuckungen im Hintertheil. Die Entlastung geschah in beiden Fällen in 8 Minuten, ohne besondere krankhafte Erscheinungen seitens der Thiere.

Wie ersichtlich, hatte die Einathmung von Sauerstoff unter erhöhtem Druck auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes keine Wirkung, und es kann kein Zweifel darüber sein, dass dieses Resultat zuverlässig ist. Die Möglichkeit liesse sich ja denken, dass der Eingriff wirklich ein Resultat gegeben hätte, dieses aber durch anderweitige Einflüsse maskirt wäre. Solche Verhältnisse könnten sein: entweder der beim Versuch angestellte Aderlass oder die Entlastung des Druckes. Indessen ist der Aderlass hier zu gering, um irgend welche Wirkung zu haben; die Entlastung könnte leichter Verdacht erregen. Aber es würde dann höchst unwahrscheinlich sein, dass die Wirkung der Entlastung bei beiden Versuchen die Wirkung der Sauerstoffeinathmung so genau ausgeglichen hätte, wie es hier geschah; viel natürlicher wird es sein, den Eingriff von vornherein als wirkungslos zu betrachten.

Wir haben nun gesehen, dass die Sauerstoffeinathmung den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf verschiedene Weise beeinflusst. Hiervon ausgehend habe ich Veranlassung gefunden, zu untersuchen, wie die Sauerstoffeinathmung die von dem Organismus aufgenommene Sauerstoffmenge beeinflusst. In dieser Absicht habe ich zwei Versuche an Hunden sowohl vor, als nach Nackenstich unternommen.

Das Versuchsverfahren war folgendes. Durch einen Ventilapparat athmet das Thier, welches vorher tracheotomisirt wurde, der Ventilapparat ist luftdicht mit der Trachealcannüle verbunden. Durch eine ebenfalls luftdichte Leitung athmet das Thier durch zwei Gasuhren, eine für die Inspiration und die andere für die Expiration; diese ergeben die durch sie passirende Luftmenge. Um Proben von dieser Luft nehmen zu können, ist in der Leitung ein T-Rohr eingeschaltet. Mittels eines Uhrwerkes wird nun ein an dem T-Rohre befestigter Behälter während des ganzen Respirationsversuches gleichmässig gesenkt, wodurch man sich eine Probe der ganzen ein- und ausgeathmeten Luft verschafft. Mit den so gewonnenen Luftproben wird eine Analyse mittels des Petterson'schen Apparates angestellt, was mit den Angaben der Gasuhren zusammen die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure giebt. Die künstliche Respiration nach dem Nackenstich geschieht durch Einblasen von Luft in die Lungen des Thieres mittels einer durch einen Motor getriebenen Spritze. Ein elektromagnetischer Apparat, welcher gleichzeitig mit der Spritze wirkt, sorgt dafür, dass die In- und Expiration durch deren respective Gasuhren geschieht.

Die zu den Versuchen angewandten Hunde waren auf gewöhnlicher Fütterung. Vor dem Respirationsversuche in der sauerstoffreichen Luft hatte das Thier mindestens 10 Minuten lang die sauerstoffreiche Luft eingeathmet, so wie es diese auch zwischen den einzelnen Versuchen fortwährend einathmete. In der folgenden Tabelle werden die Versuche angeführt. Die Colonne „O<sub>2</sub> pr. Kilogramm und Stunde während des ganzen Versuches“ enthält die Durchschnittswerthe der Sauerstoffaufnahmen pr. Kilogramm und Stunde der einzelnen Respirationsversuche.

Nummer des Resp.-Versuches.	Dauer des bezw. Versuches; Minuten.	Procent O <sub>2</sub> in der Inspirationsluft.	O <sub>2</sub> pr. Kilogramm und Stunde.	O <sub>2</sub> pr. Kilogramm und Stunde während des ganzen Versuches.	CO <sub>2</sub> pr. Kilogramm und Stunde.	$\frac{CO_2}{O_2}$	Dauer der Sauerstoffeinaethmung.
Versuch I. Junger Hund. Gewicht 11 kg.							
1	10	20.96	0.422	0.405	0.423	1.021	59 Min.
2	10	20.96	0.388		0.283	0.729	
3	10	95.84	0.793	1.218	0.433	0.546	
4	10	93.61	1.153		0.357	0.310	
5	10	92.84	1.708		0.412	0.241	
Nackenstich.							
6	12	20.96	0.468	0.468	0.285	0.609	38 „
7	10	95.67	0.729	0.667	0.355	0.487	
8	10	91.18	0.605		0.338	0.558	
Versuch II. Alter Hund. Gewicht 8.2 kg.							
1	10	20.96	0.489	0.545	0.439	0.898	72 „
2	10	20.96	0.600		0.483	0.806	
3	10	90.79	0.762	0.760	0.399	0.524	
4	10	90.96	0.638		0.423	0.662	
5	10	91.44	0.880		0.527	0.599	
Nackenstich.							
6	10	20.96	0.550	0.550	0.429	0.782	60 „
7	11	90.45	0.262	0.265	0.379	1.391	
8	10	90.91	0.267		0.306	1.146	

Die Luftmengen sind in Liter angegeben.

Aus den Versuchen geht hervor, dass die Sauerstoffmenge, welche von dem Organismus während der Einathmung sauerstoffreicher Luft aufgenommen wird, variiren kann. Während wir in Versuch I eine entschiedene Zunahme der während der Sauerstoffeinathmung aufgenommenen Sauerstoffmenge finden, ist die Zunahme in Versuch II eine



sehr unbedeutende, und es ist z. B. zu ersehen, dass sich zwischen Respirationsversuch 1 und 2 in atmosphärischer Luft ein grösserer Unterschied hinsichtlich der Grösse der Sauerstoffaufnahme findet, als zwischen Versuch 2 in atmosphärischer Luft und Versuch 4 in sauerstoffreicher Luft. Ferner zeigen die Versuche, dass die gesteigerte Sauerstoffaufnahme vom Nervensystem abhängt, indem sie in Versuch I geringer wird, in Versuch II aufhört und sogar einer verminderten Aufnahme weicht, wenn das Nervensystem durch den Nackenstich suspendirt wird.

In der Litteratur finden sich Versuche mehrerer Untersucher über die Wirkung der Sauerstoffeinathmung auf die Grösse der Sauerstoffaufnahme. Regnault und Reiset<sup>1</sup> liessen Thiere in Regnault's Respirationsapparat sauerstoffreiche Luft einathmen; die Dauer der Versuche war 21 bis 23 Stunden. Sie fanden, dass die Zusammensetzung der Inspirationsluft die Grösse der Sauerstoffaufnahme nicht beeinflusst.

P. Bert<sup>2</sup> gelangte durch lange andauernde Versuche an Mäusen und Ratten, welche er in Betreff der Grösse der Sauerstoffaufnahme untersuchte, wenn der Partialdruck des Sauerstoffes in der Inspirationsluft erhöht wurde, zu dem Resultat, dass die Grösse der Sauerstoffaufnahme von der Zusammensetzung der Inspirationsluft abhängig sei.

Diesen Widerspruch zwischen den von Regnault-Reiset und von P. Bert gewonnenen Resultaten sucht de Saint-Martin<sup>3</sup> aufzuklären. Seine Versuche wurden in Regnault's Apparat mit einer kleinen Aenderung gemacht. Sie dauerten 6 bis 24 Stunden und bestätigten durchaus die Angaben Regnault-Reiset's.

Weil bei den Versuchen dieser Untersucher lange Zeiträume gebraucht wurden, können die Resultate gar nicht mit den aus meinen kurzdauernden Versuchen hervorgehenden verglichen werden. Lukjanow<sup>4</sup> hat an einer Reihe von Säugethieren nebst Tauben Versuche über die Grösse der Sauerstoffaufnahme in sauerstoffreicher Luft angestellt. Er benutzte den etwas modificirten Apparat Regnault-Reiset's. Um in den Versuchsergebnissen Störungen durch die Fütterung zu vermeiden, wurden die Thiere an den Versuchstagen gar nicht gefüttert. Die Versuche wurden in Luft von theils 20 bis 30 Procent, theils 80 bis 90 Procent Sauerstoff unternommen. Um Fehler aus-

<sup>1</sup> Regnault und Reiset, *Annales de chimie et de physique*. 3. série. tome XXVI, p. 496.

<sup>2</sup> P. Bert, *La pression barométrique*. p. 829—832.

<sup>3</sup> De Saint-Martin, *Annales de chimie et de physique*. 6. série. tome III, p. 264.

<sup>4</sup> Lukjanow, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. 1884. Bd. VIII, S. 324.

zuschliessen, welche daraus entstehen könnten, dass das Thier zuerst die sauerstoffärmere und darauf die sauerstoffreichere Luftmischung einathmete, wurden die Versuche mit Luft bald von der einen, bald von der anderen Zusammensetzung begonnen. Zuweilen wurde ein dritter Versuch mit der zuerst angewandten Mischung angestellt. Eine solche Sammlung von Bestimmungen fasst er zu einem Versuch zusammen, welcher 5 bis 8 Stunden dauerte inclusive der Zeit, welche der Wechsel der Luft in dem Apparate in Anspruch nahm; die Zeit für jede einzelne Bestimmung wird indes nicht angegeben.

Die von Lukjanow gefundenen Resultate bestätigen das Ergebniss meiner Versuche. Er findet die Aufnahme von Sauerstoff in der sauerstoffreichen Luft höchst variabel, bald ist sie grösser als in Luft vom Sauerstoffinhalt der Atmosphäre, bald ist sie dieselbe, bald ist sie geringer.

Frédéricq<sup>3</sup> und Speck<sup>4</sup> sind durch ihre Untersuchungen über die Wirkung sauerstoffreicher Inspirationsluft auf die aufgenommene Sauerstoffmenge zu dem Ergebnisse gekommen, dass die aufgenommene Menge von der Zunahme des Sauerstoffes nicht beeinflusst wird; nur während der ersten Minuten, während welcher das Thier die sauerstoffreiche Luft athmet, findet eine Vermehrung der aufgenommenen Menge statt. Diese Vermehrung erklären sie als darauf beruhend, dass die Flüssigkeiten des Körpers unter dem vermehrten Partialdruck mit Sauerstoff gesättigt werden.

Dass diese Erklärung nicht correct ist, geht erstens daraus hervor, dass die vermehrte Sauerstoffaufnahme während der Einathmung von Sauerstoff kein ganz constantes Phänomen ist, indem Lukjanow ja, wie früher erwähnt, die Sauerstoffaufnahme in sauerstoffreicher Luft unverändert, ja sogar vermindert gefunden hat, wie es auch in Versuch II nach dem Nackenstich der Fall ist. Zweitens zeigt sich das Unhaltbare dieser Ansicht auch dann, wenn man die Sauerstoffmengen berechnet, welche nothwendig sind, um die Flüssigkeiten des Körpers unter dem erhöhten Drucke zu sättigen.

Nehmen wir an, dass der thierische Körper 70 Procent Wasser enthält, und berechnen wir die Inspirationsluft als reinen Sauerstoff, so finden wir, wenn wir annehmen, dass die Flüssigkeiten des Körpers Sauerstoff in demselben Masse binden wie das Wasser, dessen Absorptionscoefficient bei 37° 0.024 ist,<sup>5</sup> die Sauerstoffmenge, welche die Flüssigkeiten eines Kilogramms des Thieres bei 37° und 760 mm

<sup>1</sup> Frédéricq, *Comptes rendus*. Tome XCIX, p. 1124.

<sup>2</sup> Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens*. Leipzig 1892. S. 100.

<sup>3</sup> Bohr und Bock.

Sauerstoffdruck sättigt,  $= 0.024 \times 700 = 16.8$  <sup>ccm</sup>, und der Zusatz, welcher durch die Sättigung des Hämoglobins hinzu kommt, ist wegen der Form von dessen Dissociationscurve sehr unbedeutend. Wir sehen ja aber, dass die Mehraufnahme in der sauerstoffreichen Luft bei Versuch I mehr als 800 <sup>ccm</sup> pr. Kilogramm ist. Aehnlicherweise findet Lukjanow Mehraufnahmen pr. Kilogramm und Stunde von 450 <sup>ccm</sup> (Versuch XXIV), 366 <sup>ccm</sup> (Versuch XXVI), 337 <sup>ccm</sup> (Versuch XVII) und mehrere nicht so bedeutende. Aus dem Angeführten dürfte hervorgehen, dass die Ursache der Mehraufnahme nicht die von Frédéricq und Speck angegebene ist.

### § 6. Verschiedene Versuche über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

Die Verhältnisse, unter welchen der respiratorische Stoffwechsel der Gewebezellen vor sich geht, können, wie gesagt, vom Organismus auf dreifache Weise verändert werden. 1) durch eine Veränderung der Grösse des Stoffwechsels; 2) durch eine Veränderung der Hämoglobinemenge, welche die Gewebe in der Zeiteinheit durchströmt; 3) durch eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes.

Es war daher zu erwarten, dass man durch eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes und der Grösse des Stoffwechsels eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes bewirken konnte.

Die Veränderungen des Stoffwechsels und der Strömungsgeschwindigkeit sind in den vorliegenden Versuchen durch Muskelarbeit, Erzeugung eines febrilen Zustandes und Eingriffe auf den N. vagus hervorgerufen.

Versuch 62. Hund. Gewicht 12 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 388, rechter Ventrikel 376.

Das Hintertheil des Thieres wird nun 10 Minuten lang energisch tetanisirt, worauf man, während unablässigen Tetanisirens, Blutproben nimmt. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist dann:

Arterie 388, rechter Ventrikel 376.

Versuch 64. Hund. Gewicht 20 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 379, rechter Ventrikel 384.

Nn. vagi werden durchschnitten, der Puls steigt von 125 bis 200, der specifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 388, rechter Ventrikel 384.

Die peripheren Vagusenden werden nun electrisch gereizt; der Puls sinkt von 200 bis 100. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist nun: Arterie 385, rechter Ventrikel 374.

Versuch 72. Hund. Gewicht 50 kg.

Der spezifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 396, rechter Ventrikel 380, V. cava 384, V. femoralis 394.

Man injicirt nun intravenös 60 ccm einer Maceration von Bierhefe, wodurch die Temperatur im Laufe von 2 Stunden von 38·5° bis 40·9° stieg; darauf wurden Blutproben genommen. Der spezifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 394, rechter Ventrikel 410, V. cava 398, V. femoralis 392.

Versuch 73. Hund. Gewicht 35 kg.

Der spezifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 389, rechter Ventrikel 383, V. femoralis 404.

45 ccm Hefemaceration werden intravenös injicirt, worauf die Temperatur im Laufe von 2 Stunden von 38° bis 40° stieg. In den nun genommenen Blutproben ist der spezifische Sauerstoffgehalt:

Arterie 380, rechter Ventrikel 399, V. femoralis 398.

Durch Versuch 62 wurde die Wirkung der Arbeit auf den spezifischen Sauerstoffgehalt des Blutes geprüft. Wie zu ersehen, gab der Versuch ein negatives Resultat. Dies ist gar nicht sonderbar, wenn man die Beschaffenheit der Eingriffe in Betracht zieht, welche nothwendig waren, um den spezifischen Sauerstoffgehalt zu beeinflussen, wie grosse Aderlässe und langdauernde Einathmung von Sauerstoff. Man wird dann leicht verstehen, dass der Organismus den hier erwähnten geringen Eingriff ohne irgend eine Veränderung des spezifischen Sauerstoffgehaltes zu ertragen vermag. Die Arbeit, welche den Organismus zwingen soll, eine Veränderung des spezifischen Sauerstoffgehaltes zu bewerkstelligen, muss langedauernd und anstrengend sein, so wie es geschieht, wenn Thiere gehetzt werden, bis sie stürzen, oder wie man es im Laboratorium machen kann, wenn man sie zu forcirter Arbeit in einem Tretrade zwingt. Praktische Hindernisse erlaubten uns keine Versuche dieser Art.

Der Versuch 64 bezweckte eine Aenderung des spezifischen Sauerstoffgehaltes durch Veränderung der Geschwindigkeit des Blutstromes. Der Versuch zeigt, dass sie nicht gelungen war.

Durch die Versuche 72 und 73 hat man die Wirkung des Fiebers auf den spezifischen Sauerstoffgehalt untersucht. Als Fiebererzeuger hat man eine Maceration von Bierhefe in Wasser angewandt; ein Verfahren, das von Roussy<sup>1</sup> angegeben ist.

Durch intravenöse Injection einer solchen Maceration, nachdem die Hefezellen abfiltrirt waren, hat Roussy constant einen febrilen

<sup>1</sup> Roussy, *Archives de physiologie normale et pathologique*. 5. série, Tome II, p. 858.

Zustand in den Versuchsthiere hervorgeufen, und er hat aus einer solchen Hefemaceration den wirksamen Stoff rein dargestellt. Durch calorimetrische Versuche im Calorimeter d'Arsonval's hat er eine gesteigerte Wärmeproduction während des febrilen Anfalles nachgewiesen, und ferner festgestellt, dass diese gesteigerte Wärmeproduction von einem gesteigerten Stoffwechsel herrührt, indem er sowohl die Ausscheidung der Kohlensäure als die Menge des durch den Harn ausgeschiedenen Stickstoffes vermehrt fand.

Die angewandte Hefemaceration wurde so dargestellt, dass 500<sup>g</sup> Bierhefe mit destillirtem sterilisirtem Wasser zu einem dünnen Brei ausgerührt wurden, welcher 24 Stunden bei 37° stand; darauf wurden die Zellen durch Centrifugirung und Titrirung möglichst genau weggeschafft. Die auf diese Weise erhaltene Flüssigkeit war bräunlich, klar opalisirend.

Die Versuche beweisen nun, dass es gelungen ist, den specifischen Sauerstoffgehalt durch das Fieber zu verändern.

Während wir in beiden Fällen in den ersten Blutproben den specifischen Sauerstoffgehalt in dem rechten Herzventrikel am niedrigsten und gegen die Peripherie des venösen Systems ansteigend finden, sind während des febrilen Zustandes die Verhältnisse ganz verändert, indem der specifische Sauerstoffgehalt im rechten Herzen stark gesteigert ist, während er in den übrigen Gefässen, speciell in der Arterie, keine deutliche Variation darbietet. Dass die gefundene Wirkung den Zellen des Organismus entstammt und nicht darauf beruht, dass die injicirte Flüssigkeit das Hämoglobin des Blutes verändert, geht deutlich aus Versuch 72 hervor, indem die Wirkung hier in dem Blute des rechten Herzens allein stattgefunden hat, während der specifische Sauerstoffgehalt sonst überall derselbe ist. Die Versuche zeigen uns schliesslich, dass die Lunge eine Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes bewirkt hat.

Diese Wirkung der Lunge stösst uns ausser bei diesem Versuche nur bei Versuch 55 auf, wo das Thier, während die Blutproben entzogen wurden, in Agonie war, so dass die Wirkung der Lunge, den specifischen Sauerstoffgehalt zu vermindern, sich nur da gezeigt hat, wo der Organismus sich unter sehr abnormen Zuständen befand; bei den anderen Versuchen war die Wirkung der Lunge auf den specifischen Sauerstoffgehalt stets eine erhöhende. Ebenso wie die übrigen Organe des Körpers kann die Lunge also, je nach den gegebenen Verhältnissen, den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes verändern, und zwar sowohl in der einen, als der anderen Richtung.

# Ueber eine durch das Licht hervorgerufene Veränderung des Methämoglobins.<sup>1</sup>

Von  
Johannes Bock.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kopenhagen.)

---

Bei einigen spektroskopischen Untersuchungen über das Methämoglobin bemerkte ich, dass schwache Methämoglobinlösungen in starkem Sonnenlichte ihre Farbe und ihr Spectrum verändern. Durch nähere Untersuchung kam ich zu dem Resultat, dass diese Veränderungen darauf beruhen, dass das Methämoglobin in eine andere Hämoglobinmodification übergeht, die ich, weil sie durch Einwirkung des Lichtes gebildet wird, Photomethämoglobin benannte. Bevor ich zur näheren Beschreibung der Eigenschaften dieses Stoffes übergehe, werde ich die Methode angeben, die ich zur Darstellung des Methämoglobins benutzte, und die wesentlich die nämliche wie die von Hüfner<sup>2</sup> angeführte ist. Zur Darstellung wurde stets Hundeblut gebraucht. Die Blutkörperchen wurden mehrmals mit einer 0.7 procentigen Chlornatriumlösung in der Centrifuge ausgewaschen und in der Kälte durch Aether destruiert; nach ruhigem Hinstellen wurde das Stroma abcentrifugirt und die Krystalle wurden in Wasser aufgelöst, worauf der Aether abgedampft wurde. Der gesättigten Oxyhämoglobinlösung wurde bei ca. 37° Ferricyankalium zugesetzt. Hüfner giebt an, dass 3 bis 4<sup>cem</sup> einer gesättigten Auflösung mit einem Liter Hämoglobinlösung eine ange-

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

<sup>2</sup> *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* Bd. VIII.

messene Mischung bilden; dies schien mir in den meisten Fällen zu wenig, und ich befolgte deshalb Jäderholm's<sup>1</sup> Anweisung, mit dem Hinzusetzen von Ferricyankalium so lange fortzufahren, bis eine herausgenommene Probe bei fernerem Zusatz ihr Spectrum nicht veränderte. Die Methämoglobinkrystalle liessen sich leicht durch Zusatz von  $\frac{1}{5}$  Volum Alkohol und durch Hinstellen in eine Kältemischung darstellen. Die Krystalle wurden in Filtrirpapier gepresst, wiederholt mit destillirtem Wasser gewaschen und centrifugirt. Schliesslich wurden die restirenden Krystalle in Wasser gelöst. Die so dargestellten Auflösungen waren von brauner Farbe, reagirten neutral und zeigten spectroscopisch den dem Methämoglobin charakteristischen Streifen in Rot.

Wird eine auf diese Weise zubereitete schwache (d. h. 0.1 bis 0.5 Procent) Methämoglobininlösung, am besten zu einer dünnen Schicht ausgebreitet, einige Zeit dem kräftigen Sonnenlichte ausgesetzt, so wird man folgende Veränderungen wahrnehmen. Die braune Flüssigkeit wird dunkelrot mit einem gelben Anstriche am Rande, und zugleich verschwindet der Streifen des Methämoglobins im rothen Theile des Spectrums, die anderen Streifen werden verwischt, und im grünen Theile des Spectrums erscheint ein breites Band, ungefähr desselben Aussehens wie der Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobins, jedoch gegen den violetten Theil des Spectrums verschoben; in dem blauen Theil des Spectrums findet sich wieder eine hellere Partie, wogegen der violette Theil stark verdunkelt ist. Das Spectrum verändert sich nicht, wenn die Auflösung mit Luft geschüttelt wird; auch nach der Veränderung reagirt die Auflösung neutral.

Diese Umbildung geschieht schnell bei dünnen Schichten und schwachen Auflösungen, tritt aber ebenfalls, wenn auch langsam, in dicken Schichten und starken Auflösungen hervor. Sehr praktisch sind zur Anstellung dieser Versuche die bei Salomonsen<sup>2</sup> erwähnten viereckigen Tinkturfläschchen. Werden in diesen 10<sup>cem</sup> einer Methämoglobininlösung angebracht, so bieten sie, auf die breite Seite gelegt, der Beleuchtung eine grosse Oberfläche und eine dünne Schicht dar. Werden sie aufrecht gestellt, so entsteht eine für spectroscopische Untersuchungen passende Schicht. Ich werde hier einige über die Geschwindigkeit, mit der die Veränderung vorgeht, an einem warmen Sommertage (25. August 1894) angestellte Versuche mittheilen.

<sup>1</sup> *Nordisk medicinsk Arkiv.* Bd. XVI, Nr. 17. 1884.

<sup>2</sup> Salomonsen, *Bakteriologisk Teknik.* S. 22. Kopenhagen 1894.

Concentration der Methämoglobin- auflösung; Procent	Dicke der Schicht Millimeter	Verflossene Zeit Stunden	Veränderung.
0.1	3.0	$\frac{1}{2}$	Vollständig in Photomethämoglobin verändert.
0.2	3.0	$1\frac{1}{2}$	do. do.
0.4	3.0	$1\frac{1}{2}$	do. do.
0.8	3.0	5	do. do.
4.0	1.5	13	Noch Spuren von Methämoglobin.
4.0		16	Vollständig in Photomethämoglobin verändert.

Ich führte mehr als 100 Experimente dieser Art mit Methämoglobin von fünf verschiedenen Darstellungen aus und erhielt stets die nämliche Veränderung. Würde die Methämoglobininlösung im Dunkeln angebracht, so trat der Uebergang in keinem einzigen Falle ein — so habe ich eine dünne sterilisirte Methämoglobinauflösung fünf Monate lang im Dunkeln stehen lassen, ohne dass sie sich verändert hätte; als diese später dem Lichte ausgesetzt wurde, trat die Veränderung ein. Bei jedem Experimente mit Methämoglobin im Hellen nahm ich eine Probe und unterwarf sie, fest in Staniol eingewickelt, denselben Bedingungen wie die beleuchteten Proben. Mit den auf diese Weise dem Lichte entzogenen Proben trat niemals die Veränderung ein.

Das Photomethämoglobin wird beim Aufbewahren im Dunkeln nicht wieder in Methämoglobin zurückgebildet — so bewahrte ich eine sterile Photomethämoglobinauflösung vier Monate lang im Dunkeln auf, ohne dass sie irgend eine Veränderung erlitten hätte.

Es war bei den Versuchen deutlich zu ersehen, dass die Intensität des Lichtes eine grosse Rolle spielte. Die Veränderung ging bei directem Sonnenlichte weit schneller vor als bei zerstreutem Tageslichte; ferner sah ich, dass die Veränderung im Winter bei der kürzeren und weniger intensiven täglichen Beleuchtung viel langsamer eintritt als im Sommer. Die Wärme schien keinen Einfluss zu haben, jedenfalls war sie allein nicht im Stande, die Veränderung zu erzeugen, denn dünne Methämoglobininlösungen, die längere Zeit hindurch im Thermostat bei 37° im Dunkeln angebracht wurden, veränderten sich nicht.

Die Veränderung ging ohne Einwirkung von Bakterien vor, indem sie sich in sterilen Auflösungen hervorrufen liess. Diese wurden dargestellt, indem die Methämoglobininlösung unter hohem Drucke durch ein Chamberland'sches Filtrum in einen sterilen Kolben gepresst wurde. Das Filtrum und die Kolben wurden in Continuität sterilisirt.



Auf diese Weise kann man nur schwächere Auflösungen sterilisiren, da starke Auflösungen das Filtrum nicht passieren können. Ich benutzte bei der Mehrzahl der Versuche Auflösungen, die auf diese Weise sterilisirt waren, und überzeugte mich von ihrer Sterilität durch Impfung in Gelatine. Die Darstellung der zu meinen weiteren Versuchen angewandten Methämoglobinlösungen, wie auch deren Sterilisation geschah des Nachts oder in einem dunklen Zimmer.

Das Vorhandensein von Sauerstoff scheint ohne Bedeutung zu sein. So ging die Veränderung in einem Fläschchen vor, das ganz bis an den Stöpsel gefüllt war. In einem anderen Falle wurde der Sauerstoff einer Methämoglobinlösung durch mehrstündige Durchleitung von Kohlensäure entzogen und das Fläschchen darauf zugeschmolzen. Im Laufe von zwei Tagen ging die Veränderung auf gewöhnliche Weise vor. Auch in diesem Falle brachte ich eine ebenso behandelte Controlprobe im Dunkeln an — das Methämoglobin veränderte sich nicht.

Bei künstlichem Lichte — jedenfalls, wenn dieses nicht sehr intensiv ist — scheint die Veränderung sehr langsam vorzugehen. Ich hatte keine Gelegenheit, die Einwirkung von Strahlen der verschiedenen Spectralregionen zu untersuchen, es ist ja aber am wahrscheinlichsten, dass die Veränderung den chemisch wirksamen Strahlen zu verdanken ist. Die genauere spectroscopische Untersuchung des Photomethämoglobins stellte ich an einer dünnen, im Dunkeln zubereiteten Methämoglobinlösung an, die durch ein Chamberland'sches Filtrum filtrirt und auf zwei sterile Kolben vertheilt wurde; in dem einen, der dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde, trat die Veränderung im Laufe von 8 Stunden ein, der andere wurde im Dunkeln aufbewahrt. Die Auflösungen wurden angemessen verdünnt und die Absorptionen des Lichtes in den verschiedenen Theilen des Spectrums wurden mittels des von Vierordt und Krüss angegebenen Apparates untersucht. In der Tabelle bezeichnet  $\lambda$  die Wellenlänge (in Millionstel Millimetern) der Strahlen der untersuchten,  $s$  den gefundenen Extinctionscoefficienten.

### Photomethämoglobin.

Concentration: 0.000968.

$\lambda$	$s$	$\lambda$	$s$
653	0.08982	569	0.36767
629	0.04478	553	0.41488
607	0.07652	539	0.51423
587	0.19877	526	0.47900

$\lambda$	$s$
516	0.37426
505	0.34480
495	0.40288
486	0.53780
476	0.56101
468	0.70038

## Methämoglobin.

Concentration: 0.000943.

$\lambda$	$s$
659	0.04620
634	0.20350
600	0.08070
581	0.20350
556	0.15388
529	0.29018

Die Bestimmungen sind auf der Figur graphisch dargestellt. Die Abscissen sind die Wellenlängen, die Ordinaten die Extinctionscoefficienten. *I* ist die Curve des Photomethämoglobins, *II* die des Methämoglobins, *III* eine von Torup<sup>1</sup> angegebene Curve des reducirten Hämoglobins.

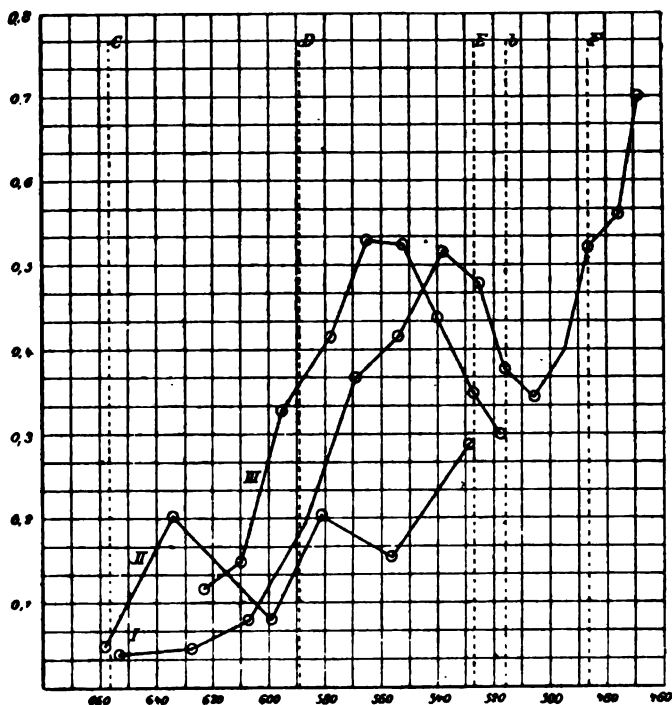
Die Figur zeigt, dass die Spectra des Methämoglobins und des Photomethämoglobins völlig verschieden sind; weiter zeigt die Figur, dass das Spectrum des Photomethämoglobins grosse Aehnlichkeit mit dem des reducirten Hämoglobins besitzt, dass es aber gegen den violetten Theil des Spectrums verschoben ist. Nach Torup findet sich die Mitte des Absorptionsstreifens des reducirten Hämoglobins bei  $\lambda = 559$ , ich fand die Mitte des Absorptionsstreifens des Photomethämoglobins bei  $\lambda = 535$ .

Da Torup nicht angiebt, welche Concentration der Auflösung zur Bestimmung der erwähnten Curve benutzt wurde, habe ich, um eine Vorstellung hiervon zu erhalten, nach dem von Hüfner<sup>2</sup> angeführten

<sup>1</sup> S. Torup, *Om Blodets Kulsyrebinding*. S. 46. Cuve Nr. 7. Kopenhagen 1887.

<sup>2</sup> *Zeitschrift f. physiol. Chemie*. Bd. III, S. 9.

Absorptionsverhältnisse des reducirten Hämoglobins in Betreff der Region *D 63 E* bis *D 79 E* die Concentration berechnet und ca. 0.0007 gefunden. Wie aus der Figur zu ersehen, erreichen die hier angegebenen Curven des Photomethämoglobins und des reducirten Hämoglobins beim Maximum des Absorptionsstreifens fast den nämlichen Wert der Ordinate; da die Concentration des Photomethämoglobins aber 0.000963, die des reducirten Hämoglobins dagegen ca. 0.0007



war, sieht man, dass die Lichtabsorption an dem dunkelsten Punkte des Absorptionsstreifens beim Photomethämoglobin ein wenig geringer ist als beim reducirten Hämoglobin.

Das Photomethämoglobin hat — im Gegensatz zum Methämoglobin — das nämliche Spectrum in schwach sauren, neutralen und in alkalischen Auflösungen. Wird zu viel Säure zugesetzt, so wird das Spectrum verwischt; das Methämoglobin verhält sich in dieser Beziehung ebenso.

Ich versuchte darauf, das Photomethämoglobin krystallinisch darzustellen. Es erwies sich hier, dass man von dünnen, sterilen Methämo-

globinlösungen ausgehen musste, indem die starken Methämoglobinlösungen, die sich nicht sterilisiren lassen, theils dem Eintrocknen ausgesetzt sind, da sie, um sich einigermassen schnell zu verändern, in sehr dünnen Schichten ausgebreitet werden müssen, theils durch die Entwicklung von Bakterien zerstört werden. Mein Verfahren war folgendes: 1800<sup>ccm</sup> einer 0.25 procentigen Methämoglobinlösung wurden durch Chamberland's Filtrum filtrirt, auf sechs sterile konische Fläschchen vertheilt und dem Sonnenlichte ausgesetzt; nach Verlauf von fünf Tagen war alles Methämoglobin in Photomethämoglobin verwandelt. Die Auflösung wurde nun stark auf ein schwach erwärmtes Wasserbad im Vacuum mit Eisvorlage abgedampft. Die Abdampfung ging auf diese Weise ziemlich rasch vor sich und die Temperatur der Flüssigkeit stieg nicht über 25°. Nachdem die Auflösung bis zu ca. 100<sup>ccm</sup> abgedampft war, wurde sie centrifugirt; eine Bestimmung des Trockenrückstandes ergab 2.69 Procent. Die Auflösung wurde bis 0° abgekühlt und nach Zusatz von ca.  $\frac{1}{6}$  Volum eisgekühlten Alkohols in eine Kältemischung gestellt. Den nächsten Tag wurde eine geringe Menge Alkohol zugesetzt und die Kältemischung erneuert. Am dritten Tage waren Krystalle entstanden, die sich unter dem Mikroskop als längliche, ziemlich schmale, zu Bündeln und Haufen gesammelte Prismen erwiesen — von ganz demselben Aussehen wie prismatisch krystallisiertes Oxyhämoglobin und Methämoglobin. Die Krystalle hatten eine helle braungelbe Farbe, fast wie Methämoglobinkrystalle; keine Spur amorphen Bodensatzes war zu finden. Die Krystalle wurden mit verdünntem Alkohol gewaschen und in Wasser aufgelöst. Die Auflösung gab das charakteristische Photomethämoglobinspectrum.

Ich untersuchte ferner, inwiefern das Photomethämoglobin auf dieselbe Weise wie das Oxyhämoglobin dissociable Verbindungen mit Sauerstoff bildet. Hierzu benutzte ich die nämliche Auflösung wie zur Darstellung der Krystalle (2.69 Procent trockener Stoff). Die Auflösung wurde bei 18.65° mit kohlensäurefreier atmosphärischer Luft geschüttelt, und 49.7<sup>ccm</sup> wurden mittels einer Hagen'schen Quecksilberluftpumpe ausgepumpt.

#### Luftanalyse nach Bunsen.

Nach KOH. . . . .	0.972 <sup>ccm</sup>
Nach H <sub>2</sub> . . . . .	5.767 „
Nach der Explosion . .	4.826 „
s: O <sub>2</sub> = 0.314 <sup>ccm</sup> , N <sub>2</sub> = 0.655 <sup>ccm</sup> .	

Bei derselben Temperatur und demselben Drucke (Barometer 751<sup>mm</sup>) werden 49.7<sup>ccm</sup> Wasser<sup>1</sup> mit atmosphärischer Luft geschüttelt,

$$O_2 \text{ 0.328 }^{\text{ccm}} \quad n_2 \text{ 0.637 }^{\text{ccm}}$$

Hieraus geht hervor, dass das Photomethämoglobin mit Sauerstoff keine auszupumpende Verbindung bildet, dass Sauerstoff aber von einer Photomethämoglobininlösung in derselben Menge absorbiert wird wie von Wasser.

Aus dem bisher Gesagten geht nicht hervor, ob das Photomethämoglobin ein Spaltungsproduct oder eine Hämoglobinmodification ist. Da die Veränderung aus Methämoglobin in Photomethämoglobin ohne Niederschlag vorgeht, und da die Krystallform beider Stoffe die nämliche ist, wird letztere Anschauung die wahrscheinlichste, und sie lässt sich auch direct beweisen, indem man vom Photomethämoglobin zum Methämoglobin zurückkehren kann. Wird eine Flasche mit einer Photomethämoglobininlösung gefüllt, so dass nur ein sehr kleiner Luft-raum zurückbleibt, und wird ein kräftiges Reductionsmittel zugesetzt — hierzu gebrauchte ich eine Auflösung hydroschwefelsauren Zinkes, die bei Petterson's Luftanalyse zur Absorption des Sauerstoffs angewandt wird — und schüttelt man darauf die Flasche, so erhält die Photomethämoglobininlösung eine blässere Farbe, und der Absorptionsstreifen rückt dem rothen Theile des Spectrums näher — die Auflösung ist in reducirtes Hämoglobin verwandelt. Wird diese Auflösung nun mit Luft geschüttelt, so entsteht Oxyhämoglobin, das nach Zusatz von Ferrieyankalium charakteristisches Methämoglobin giebt. Das Hämoglobin hat also folgende Scala durchlaufen: Oxyhämoglobin — Methämoglobin — Photomethämoglobin — reducirtes Hämoglobin — Oxyhämoglobin — Methämoglobin. Ich bemerkte ferner, dass eine in einem verschlossenen Fläschchen stehende Photomethämoglobininlösung durch Fäulniss in reducirtes Hämoglobin übergeht, das beim Schütteln mit Luft Oxyhämoglobin ergab, aus welchem wieder bei obigem Verfahren leicht Methämoglobin gebildet wurde.

Da Photomethämoglobin so leicht aus Methämoglobin gebildet wird und diese Bildung ohne Sauerstoffverbrauch vor sich geht, und da diese Stoffe durch dieselben Mittel in reducirtes Hämoglobin verändert werden, so liegt die Annahme nahe, dass das Photomethämoglobin die nämliche Menge von fest gebundenem Sauerstoff enthält, wie das Methämoglobin, aus welchem es gebildet wurde.

<sup>1</sup> Bohr und Bork: Bestimmung der Absorption einiger Gase in Wasser bei den Temperaturen zwischen 0° und 100°. *Wiedemann's Annalen*. 1891. Bd. XLIV, S. 318.

Als Resultat dieser Untersuchung geht also hervor, dass das Methämoglobin durch Einwirkung des Sonnenlichtes in eine Modification, das Photomethämoglobin, übergeht, welches im Dunkeln keine Rückbildung erleidet, welches dieselbe Krystallform hat wie das Oxyhämoglobin und das Methämoglobin, und welches keinen Sauerstoff dissociabel bindet. Die Farbe der Auflösung ist dunkelroth: das Spectrum besteht aus einem einzelnen Absorptionsstreifen im Grün mit der Mitte  $\lambda = 535$ , es verändert sich nicht bei schwach saurer und alkalischer Reaction; durch kräftige Reductionsmittel oder durch Fäulniss geht das Photomethämoglobin in reducirtes Hämoglobin über.

Ebenso leicht wie das Photomethämoglobin zu erkennen ist, wenn es isolirt ist, ebenso schwer wird es zu entdecken sein, wenn es mit Oxyhämoglobin oder Methämoglobin zusammen gefunden wird, da seine Farbe und sein Spectrum hierdurch leicht verdeckt werden, und in solchem Falle wird es grosse spectrophotometrische Irrtümer veranlassen können. Wenn man die Methämoglobinlösungen nicht im Dunkeln zubereitet und aufbewahrt, wird sich leicht etwas Photomethämoglobin in denselben bilden können. Dass das Photomethämoglobin normal im Organismus vorkommen sollte, ist nicht wahrscheinlich, dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass es in pathologischen Fällen auftreten kann, während welcher sich Methämoglobin im Blute findet.

---

# Krämpfe und Curarewirkung.<sup>1</sup>

Von

C. G. Santesson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

In einer früheren Mittheilung<sup>2</sup> habe ich vergleichende Versuche zwischen der Curarewirkung von Strychnin und Brucin veröffentlicht. Bei Gelegenheit dieser Untersuchung fiel es mir auf, dass sowohl an Esculenten (bei sehr kleinen Gaben) als an Temporarien bei wiederholter Prüfung zu verschiedenen Zeiten die Strychninpräparate oft eine bedeutende Abnahme der Curarewirkung, die Brucinpräparate dagegen eine Zunahme aufwiesen. Wie ich schon damals hervorhob,<sup>3</sup> könnte dies „dadurch bedingt sein, dass die Brucinmuskeln nicht im Anfang der Versuche durch Krämpfe ermüdet waren, während dies mit den Strychninmuskeln fast constant der Fall war. Bei den erstgenannten tritt eine fortschreitend lähmende Wirkung auf die motorischen Nervenendigungen zu Tage, während bei den Strychninmuskeln eine oft bedeutende »Erholung« nicht zu verkennen ist.“

Auch schien es eigenthümlich, dass während an Esculenten das Brucin sich als stärker curarewirkend erwies, an Temporarien das gerade entgegengesetzte Verhalten hervortrat. Nach Allem zu urtheilen, ist das Ergebniss bei den Esculenten so zu sagen das normale — die Curarewirkung des Brucins stärker als die des Strychnins. An den Temporarien aber, deren motorische Nervenendigungen überhaupt von beiden Giften weniger schnell gelähmt werden und welche daher die Entwicklung von meistens viel intensiveren Strychninkrämpfen zulassen,

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen am 1. August 1895.

<sup>2</sup> *Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmacol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 57—68.

<sup>3</sup> A. a. O., S. 64.

könnte die kräftiger lähmende Wirkung des Strychnins von „Ermüdung“ durch die stärkeren Krämpfe bedingt sein. Darin könnte der scheinbare Widerspruch in Bezug auf die verschiedene Wirkungsintensität der erwähnten Gifte auf die beiden Froscharten seine Erklärung finden.

Um zu entscheiden, ob den Krämpfen thatsächlich diese Bedeutung zukam, habe ich besonders mit dem Strychnin einige Versuche angestellt, welche nachweisen sollen,

1) wie die Curarewirkung sich entwickelt, wenn man in irgend einer Art den Einfluss der Krämpfe auf die motorischen Nervenendigungen ausschliesst. Damit habe ich auch verglichen

2) wie die Strychninkrämpfe auf die Erregbarkeit der motorischen Nervenendigungen des unvergifteten Muskels einwirken, sowie auch

3) wie statt der Strychninkrämpfe tetanisirende Reize die Nervenendapparate des vergifteten sowie des unvergifteten Muskels beeinflussen.

Durch diese Combination der Versuche schien es möglich, sowohl die Bedeutung der Krämpfe für die Curarewirkung des Strychnins, als auch das Wesen dieser Wirkung an sich etwas näher zu beleuchten. Meinen früheren Brucinversuchen habe ich hier nur noch einen hinzugefügt, um die Stellung der Brucinwirkung zu derjenigen des Strychnins mit ausgeschlossenen Krämpfen zu präcisiren. Uebrigens sind auch einige Versuche über die etwaige Curarewirkung von Morphin, Hydrastin und Hydrastinin angereicht. Die Wirkung der beiden erstgenannten scheint im Lichte der Strychninversuche am besten verstanden werden zu können; das Hydrastinin ist nur zum Vergleich mit dem Hydrastin hier aufgenommen; für seine Curarewirkung spielen Krämpfe keine Rolle.

### A. Strychnin.

Die Wirkung des Strychnins auf die motorischen Nervenendigungen in den Skelettmuskeln ist viel untersucht und discutirt worden.<sup>1</sup> Hier mag nur daran erinnert werden, dass schon Stannius und Johannes Müller bei Strychninvergiftung nach Ausschaltung der Circulation

<sup>1</sup> In Bezug auf die Litteratur dieser Frage verweise ich auf die Darstellungen von Poulsson, *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmacol.* (1890.) Bd. XXVI, S. 22 folg.; von Harnack, ebenda. (1894.) Bd. XXXIV, S. 165 folg. sowie vom Verf., ebenda. (1894.) Bd. XXXV, S. 57—59.



des einen Beines (Frosch) die indirecte Reizbarkeit der Muskeln dieses Beines sich länger als diejenigen des anderen, vergifteten Beines beibehalten sahen. Pelikan und Kolliker andererseits äussern sich gegen einen specifisch curareähnlichen Einfluss des Giftes: es ruft nur einfach durch die Krämpfe eine Ermüdung hervor. Ihnen schliessen sich in dieser Beziehung Husemann, Harnack und Claude Bernard an.

Nach den Versuchen zahlreicher Forscher (von Pickford und Matteucci 1844 bis Poulsson 1890) besitzt dagegen das Strychnin eine specifische Curarewirkung. v. Wittich z. B. hebt hervor, dass die peripherische Lähmung auch dann eintritt, wenn man vorher den motorischen Nerven durchschnitten hat. Harnack hat<sup>1</sup> — auf Grund seiner Versuche mit  $H_2S$  und besonders auf Grund der fast unerhörten Ausdauer, welche die nervösen Gebilde des Frosches, so auch seine motorischen Nervenendigungen unter Umständen aufweisen — sich jetzt mehr der Meinung genähert, dass das Strychnin specifische Curarewirkung besitzt. Es scheint nämlich ihm sowie früher schon Poulsson unmöglich, die durch Strychnin hervorgebrachte Lähmung der motorischen Nervenenden als einfachen Effect der Ermüdung nach den Krämpfen aufzufassen. Harnack hat ähnliche Versuche wie die eben erwähnten von v. Wittich mitgetheilt; er fand dabei, dass die indirecte Reizbarkeit des Beines mit durchschnittenem Ischiadicus länger anhält, als die des anderen Beines. Seine Auffassung über die Bedeutung dieses Verhaltens drückt er in folgender Art aus: „Es scheint sich demnach die Lähmung der Nervenenden doch rascher zu entwickeln, wenn sie gewissermassen vom Centralorgan hinabsteigt, als bei unmittelbarer Einwirkung des Giftes auf die peripheren Nervenapparate.“

Der Ansicht, dass das Strychnin nur einer Verunreinigung mit Brucin seine Curarewirkung verdankt hätte (Klapp, Robins), traten Lautenbach und Poulsson entgegen.

In der Einleitung dieses Aufsatzes habe ich schon die Veranlassung dazu angegeben, dass ich diesen Gegenstand noch einmal aufnehme. Es ist ferner seit der Zeit der eben erwähnten Arbeiten in die Technik der Untersuchungen über Curaregifte ein neues Verfahren eingeführt worden, die Methode der Ermüdungsreihen nach Boehm,<sup>2</sup> welche auch für die hier behandelte Frage sicherere Aufschlüsse als die Prüfung mit einigen einzelnen Inductionsschlägen verspricht und gewissermassen eine Messung der Vergiftungsintensität gestattet. Darin liegt die

<sup>1</sup> A. a. O.

<sup>2</sup> Boehm, *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 16—23.

Ursache dazu, dass ich gewisse Versuche hier mittheile, welche im Ganzen nur als eine Wiederholung früherer Experimente erscheinen können.

Die allgemeine Anordnung der hier mitzutheilenden Versuche war dieselbe, wie bei meinen Experimenten über die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen und der Muskelsubstanz.<sup>1</sup> Es konnte also sowohl der motorische Nerv als der Muskel (Ischiadicus und Gastrocnemius vom Frosch) mit einzelnen, gleich starken, maximalen Oeffnungsinductionsschlägen, und zwar mit einem jede zweite Secunde, sowie mit gleich frequenten, kurzen Serien tetanisirender Wechselströme gereizt werden. Die Zuckungen wurden registriert, 5·2 mal vergrössert und sind in die Versuchstabelle unreducirt aufgenommen. Die Anordnung des Schreibhebels und des Gewichtes war möglichst isotonisch, die Belastung sehr gering (Hebel + 3·5<sup>g</sup> am Muskel). — Die Giftlösung (0·1 Procent Strychnin. hydrochlor.) wurde in den Bauchlymphsack eingespritzt. Die Giftgaben waren nach dem Körpergewicht des Thieres berechnet.

Als Versuchsthiere standen mir leider nur Temporarien zur Verfügung. Ungeachtet dessen habe ich jedoch meine Versuche veröffentlichen wollen, weil ich nicht weiss, ob ich in der nächsten Zeit Gelegenheit dazu bekommen werde, die Lücke auszufüllen. Die Frösche waren im Herbst 1894 gefangen und im Eiskasten aufbewahrt. Die Versuche wurden von Ende Januar bis Anfang April 1895 ausgeführt. Nicht vergiftete Nervenmuskelpräparate haben während dieser Zeit und sogar noch etwas später ganz hübsch regelmässig und ausdauernd reagirt. Die Thiere wurden immer eine halbe Stunde nach der Vergiftung beobachtet, dann getödtet und in gewöhnlicher Art präparirt.

Die Versuche wurden, dem oben ausgeworfenen Plan gemäss, in verschiedener Art variirt:

1) Der eine N. ischiadicus wurde hoch am Oberschenkel abgeschnitten, dann das Thier vergiftet und die beiden Nervenmuskelpräparate, jedes für sich, geprüft. Das eine, welches während der Observationszeit die Strychninkrämpfe ausgestanden hatte, wurde zuerst untersucht, das andere, unermüdete nachher. Beide Präparate waren vergiftet.

Zu diesen Versuchen fügen sich noch ein paar, bei welchen die Krämpfe dadurch ausgeschlossen waren, dass vor der Vergiftung das Centralnervensystem zerstört wurde. Diese Versuche sind jedoch weniger beweisend, weil sie den Vergleich mit dem durch Krämpfe ermüdeten

---

<sup>1</sup> *Dieses Archiv.* (1895.) Bd. V, S. 394—398.

Präparat ausschliessen und weil durch die unvermeidliche Blutung und die allgemeine Herabsetzung des Gefässtonus die Circulation und die Umherführung des Giftes gelitten hatten.

2) Die eine Schenkelarterie wurde hoch oben unterbunden, beide Ischiadici erhalten; dann Vergiftung u. s. w. wie oben. Beide Präparate wurden durch die Krämpfe beeinflusst; nur das eine war vergiftet, und dieses wurde zuerst untersucht.

3) An dem einen Bein wurde die Arterie unterbunden, an dem anderen oder an beiden Beinen der Nerv durchschnitten; später wurden die Präparate durch tetanisierende Reize ermüdet und nachher mit Einzelreizen das Reactionsvermögen geprüft.

Nach diesen Bemerkungen werden die Versuchsergebnisse, tabellarisch zusammengestellt, mitgetheilt. Nach den Tabellen folgen Auszüge der Versuchsprotocolle nebst einer Uebersicht der Resultate und ihrer Bedeutung für die vorliegende Frage.

#### I. Versuche mit Durchschneidung des einen N. ischiadicus.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 g Körpergewicht)	Reiz- stärke, Roll- abstand Centi- meter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv				Nerv	
		erhalten		durchschnitten		erhalten	durch- schnitten
		Anfang	Ende	Anfang	Ende		
I. 0.75:50	8—10	11.4	0.7	12.8	2.7	200	> 2000
II. 1.00:50	8	5.2	0.7	11.3	0.5	31	535
III. 2.00:50	10	3.0	Minim.	12.6	1.0	13	> 800
IV. 4.00:50	10	10.8	„	13.0	0.5	67	> 800
V. 10.00:50	10	—	—	12.5	11.1	0	> 400

#### Bemerkungen zu den Versuchen I bis V.

I. 31./I. Gewicht 61 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 0.92 mg Strychninsalz. Bald Tetani; Symptome wie gewöhnlich. — Ermüdungsreihe des rechten Präparates mehrmals durch eine Anzahl ganz niedriger, unausgebildeter Zuckungen unterbrochen; die Zahl der ausgebildeten Zuckungen etwa 200, die ganze Zuckungszahl 320. — Das linke Präparat am Ende der Reihe lange nicht ermüdet, hätte wahrscheinlich noch stundenlang zucken können, war also als beinahe normal zu betrachten.

II. 30./I. Gewicht 41 g. Rechter Ischiadicus durchschnitten. — 0.82 mg des Giftes. — Nach 2 Minuten Tetani. — Reihe des rechten Präparates Anfangs und in der zweiten Hälfte etwas unregelmässig; Reihe des linken Präparates regelmässig, die Zuckungen zuerst sehr schell, dann langsamer abnehmend.

III. 1./II. Gewicht 41 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 1.64 mg Strychnin. — Bald Tetani. — Reihe des linken Präparates sehr unregelmässig, so auch später diejenige des direct gereizten Muskels.

IV. 5./II. Gewicht 40 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 3.2 mg des Giftes. — Starke, anhaltende Tetani, Reflexzuckungen zuletzt sehr schwach. — Reihe rechts regelmässig, sehr schnell bis zum Minimum abnehmend; links bald unregelmässig.

V. 23./III. Gewicht 37 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 7.4 mg des Giftes. — Fast unmittelbar Tetanus; dieser bald abgeschwächt, dann starkes Muskelzittern; kurz nachher vollständig schlaff, nur gesteigerte Reflexe. Circulation der Schwimnhaut bis kurz vor der Tödtung des Thieres einigermassen erhalten; Herz jedoch bei der Präparation stillstehend, fängt nach directer Application von ein paar Tropfen Atropin (1 Procent) wieder an zu schlagen (Vagusreizung). — Rechtes Präparat giebt vom Nerven aus keine Reaction, weder bei 10 noch bei 0 cm Rollenabstand. Linkes Präparat zuerst etwa 200 Zuckungen regelmässig, ansteigend bis 15 mm („Treppe“), dann unregelmässig; ist jedoch am Ende der Reihe lange nicht ermüdet (letzte Zuckung 11.1 mm), hätte wahrscheinlich noch stundenlang gezuckt, ist also als beinahe normal anzusehen.

Schon beim ersten Blick auf die Tabelle fällt es auf, wie gross der Unterschied ist zwischen den unermüdeten und den von Strychninkrämpfen erschöpften Präparaten. Es geht aus den Versuchen sofort hervor,

dass die Strychninkrämpfe die Entwicklung der curare-ähnlichen Lähmung in hohem Grade befördern, und

dass das Strychnin, wenn der Einfluss der Krämpfe ausgeschlossen ist, an Temporarien überhaupt nur eine ziemlich schwache peripherisch lähmende Wirkung besitzt.

Nach Versuchen von Poulsson<sup>1</sup> tritt an Esculenten, auch nach Durchschneidung eines Nerven vor der Vergiftung, bald eine vollständige curareähnliche Lähmung ein.

Es wäre sicher nicht richtig, auf Grund dieser Versuche dem Strychnin, wenn die Ermüdung durch Krämpfe verhindert wird, jede Curarewirkung an Temporarien abzusprechen. Erstens hat das Gift hier nur während einer halben Stunde eingewirkt. Weiter zeigen

<sup>1</sup> A. a. O., S. 28 folg.

wenigstens die Versuche II bis IV, dass auch die vor den Krämpfen geschützten Präparate nicht mehr normal sind; sie hätten sonst, wie die gewöhnliche Erfahrung sowie der Versuch I oben lehren, sicher noch längere Reihen ausgeführt. Was Versuch V betrifft, lässt es sich natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden, wie lange das vorher unermüdete Präparat hätte zucken können. Es schien aber, mit den Versuchen II bis IV verglichen, auffallend wenig angegriffen. Vielleicht hat der früh eintretende Stillstand des Herzens die Entwicklung der Vergiftung beeinträchtigt. Gegen diese Annahme spricht aber gewissermassen die starke Wirkung auf das Präparat mit erhaltenem Nerven, welches gar keine Reaction gab.

Ueberhaupt stimmt die Stärke der Wirkung in den fünf Versuchen, sowohl an den Präparaten mit erhaltenen, als an denjenigen mit durchschnittenen Nerven, nicht besonders gut mit den steigenden Giftgaben überein. Nur in Versuch I ist der Effect entschieden schwächer als in den übrigen. In Bezug auf die Präparate mit intacten Ischiadicis, welche also in den Strychninkrämpfen mit einbegriffen waren, ist es natürlich, dass die Intensität der Wirkung wesentlich davon abhängig sein musste, ob die Krampfanfälle mehr oder weniger zahlreich und intensiv waren, was andererseits von allerlei uncontrolirbaren Zufälligkeiten bestimmt wurde.

Uebrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass individuelle Verschiedenheiten der Versuchsthiere eine Rolle gespielt haben. Dies geht besonders daraus hervor, dass auch die vorher unermüdeten Präparate etwas unerwartete Resultate gegeben haben: so ist ein solches Präparat in Versuch II mit 1<sup>ms</sup>:50<sup>s</sup> Körpergewicht nach 535 Zuckungen beinahe ermüdet, während ein anderes Präparat in Versuch IV mit 4<sup>ms</sup>:50<sup>s</sup> erst nach etwa 800 Zuckungen sich gleich angegriffen erweist. — Diese Unregelmässigkeiten sind aber für die oben erwähnten Resultate von geringer Bedeutung.

Wenn auch möglicherweise die Versuche mit durchschnittenen Nerven — eben aus dem Grunde, dass offenbar das Reactionsvermögen der verschiedenen Thiere recht ungleich, in gewissen Fällen sogar ziemlich schlecht war — noch die Frage etwas zweifelhaft lassen, ob das Strychnin bei Temporarien an sich wirklich eine Curarewirkung besitzt, sprechen die übrigen Versuche (mit erhaltenen Nerven) um so deutlicher dafür, dass dieses Gift wirklich einen solchen Einfluss ausübt. Es wäre nämlich sonst nicht möglich, dass die im Allgemeinen doch ziemlich kurz dauernden Krämpfe normale motorische Nervenendigungen so stark angreifen könnten. Wie viel diese Gebilde unter normalen Verhältnissen aushalten können, ohne zu ermüden, ist allbekannt. Auch

ist, wie oben erwähnt, neulich von Harnack<sup>1</sup> und Anderen hervor-  
gehoben, dass Frösche unter gewissen Umständen wochenlang von oft  
wiederholten Krämpfen befallen werden können, ohne dass ihre mo-  
torischen Nervenendapparate dadurch gänzlich erschöpft werden.<sup>2</sup> Wenn  
auch in diesen Fällen die niedrige Temperatur mit im Spiele war und,  
wie es scheint, die Empfindlichkeit der nervösen Gebilde für die läh-  
mende Wirkung des Giftes bedeutend herabsetzte, weisen jedoch diese  
und ähnliche Beobachtungen darauf hin, dass, wenn kein schwächender  
Einfluss auf die motorischen Nervenenden vorhanden ist, diese viel  
mehr müssten aushalten können, und

dass das Strychnin eben dadurch am meisten seine  
Curarewirkung bekundet, dass die Krämpfe so schnell Ermü-  
dung bzw. Lähmung der Nervenenden herbeiführen.

Wenn der Einfluss der Krämpfe ausgeschlossen ist, zeigt sich das  
Strychnin als ein sehr schwaches Curaregift. Doch ist die Ermüdbar-  
keit der motorischen Nervenendigungen soweit gesteigert, dass, wenn  
einige krampfartige Contractionen ausgelöst werden, schnell eine hoch-  
gradige Ermüdung — nach intensiveren Krämpfen sogar eine länger  
dauernde Lähmung — hervorgebracht wird. Meine früheren Strychnin-  
versuche (siehe Seite 308) zeigten oft mit der Zeit eine recht bedeutende  
Erholung der Nervenenden. Diese Thatsache stimmt gut damit überein,  
dass man bei der Strychninwirkung zuerst mit einer gesteigerten Er-  
müdbarkeit und mit einer Erschöpfung durch die Krämpfe zu thun  
hat, welche noch einer Erholung fähig ist; erst bei stärkerer  
Einwirkung des Giftes sowie der ermüdenden Krämpfe tritt vollständige  
Lähmung ein.

Mit dieser Auffassung der Strychninwirkung lassen sich die beiden,  
gegen einander streitenden Meinungen vereinigen: eine specifisch  
curareähnliche Wirkung ist unzweifelhaft da; sie kommt  
aber gewöhnlich nur unter dem Einfluss der Krämpfe deut-  
lich zum Vorschein.

Wie ich hoffe, unten nachweisen zu können, steht das Strychnin  
in dieser Beziehung nicht allein, wenn ich auch bei dieser Gelegenheit  
nur noch ein paar ähnlich wirkende Gifte heranziehen kann. Es scheint,  
vielmehr als Hauptrepräsentant einer Gruppe von Curaregiften da-

---

<sup>1</sup> A. a. O.

<sup>2</sup> Einmal sah ich sogar nach Vergiftung mit Brucin einen Temporaria im  
Winter bei niedriger Zimmertemperatur 7 Tage lang in Tetanusstellung mit oft  
wiederholten Krämpfen daliegen und zuletzt zu Grunde gehen; siehe *Archiv. d.*  
*Pharmacis.* 1893. S. 611.

zustehen, welche mehr oder weniger ausgesprochen die eben erwähnten Eigenschaften besitzen.

An die Versuche der hier behandelten Abtheilung (A.) schliessen sich noch ein paar, bei welchen als Voroperation ausgeführt wurde:

### Zerstörung des Centralnervensystems.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 <sup>s</sup> Körpergewicht)	Rollens- abstand Centimeter	Zuckungshöhe in Millimeter		Zahl der Zuckungen
		Anfang	Ende	
VI. 5:50	10	10.5	1.2	868
VII. 5:50	10	7.8	2.0	978

### Bemerkungen zu den Versuchen VI und VII.

VI. 6./II. Körpergewicht 37<sup>s</sup>. Zerstörung des Centralnervensystems. — 3.7<sup>ms</sup> Chloret. strychn. — Krämpfe sind natürlich nicht vorhanden. Bei der Präparation Herzstillstand. — Die Ermüdungsreihe beinahe regelmässig. Präparat am Ende noch nicht erschöpft.

VII. 9./II. Gewicht 30<sup>s</sup>. Centralnervensystem zerstört. — 3<sup>ms</sup> des Giftes. — Reihe regelmässig, lange nicht bis zur Ermüdung ausgeführt. — Die nachher ausgeführten Zuckungen bei directer Muskelreizung (0<sup>cm</sup> R.-A.) sind grösser und regelmässiger als bei gleich starker Reizung vom Nerven aus.

Diese Versuche stimmen mit den Versuchen III und IV oben ziemlich überein, zeigen sogar eine noch etwas schwächere Wirkung des Giftes, was durch die Abschwächung der Circulation nach Zerstörung des Centralnervensystems bedingt sein könnte. Dass die Curarewirkung des Strychnins, wenn man den Einfluss der Krämpfe auch in dieser Art ausschaltet, sehr gering wird, geht aus diesen Versuchen deutlich hervor.

### II. Versuche mit Unterbindung der einen Schenkelarterie.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 <sup>s</sup> Körpergewicht)	Reiz- stärke, Rollens- abstand Centi- meter	Zuckungshöhe in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Arterie				Arterie	
		erhalten	unterbunden	erhalten	unterbunden	erhalten	unterbunden
		Anfang	Ende	Anfang	Ende		
VIII. 5:50	10 u. 7	—	—	8.8	2.3	0	1450
IX. 4:50	10.0	—	—	12.0	1.8	2	720

## Bemerkungen zu den Versuchen VIII und IX.

VIII. 11./II. Gewicht 28 g. — Unterbindung der rechten Schenkelarterie. — 2.8 mg Chloret. strychn. Tetani. Reflexe später nur vom rechten Bein. Linkes Präparat bei 10 bis 0 cm R.-A. keine Reaction; rechts (bei 7 cm) eine lange, beinahe regelmässige Reihe, lange vor der vollständigen Ermüdung abgebrochen.

IX. 12./II. Gewicht 30 g. — Links unterbunden. — 2.4 mg des Giftes. Tetani. Reflexe zuletzt kräftiger vom linken Beine. — Rechtes Präparat macht zwei unmessbare Contractionen. Links eine lange, beinahe regelmässige Reihe; das Präparat am Ende lange nicht erschöpft.

Diese Versuche, gewissermassen eine Wiederholung derjenigen von Stannius und von Johannes Müller (siehe oben), beweisen,

dass die Strychninkrämpfe, welche am vergifteten Bein eine totale Ermüdung (Curarelähmung) herbeiführen, das unvergiftete Bein in dieser Richtung sehr wenig beeinflussen.

Daraus geht hervor, dass hier an den vergifteten Präparaten etwas Anderes als eine einfache Ermüdung durch die Krämpfe vorliegt. Diese Versuche stützen also auch die oben ausgesprochene Ansicht, dass das Strychnin, unabhängig von den Krämpfen, die motorischen Nervenenden in eigenthümlicher Art angreift, nämlich ihre Ermüdbarkeit bedeutend steigert. In Analogie mit dem, was Boehm<sup>1</sup> für Curarin nachgewiesen hat, nämlich, dass dieses Gift, ehe es die Reizbarkeit der Nervenenden vernichtet, ihre Ermüdbarkeit erhöht, darf man wohl auch für Strychnin die ähnliche Wirkung als eine Curarewirkung bezeichnen.

Für Esculenten hat Poulsson<sup>2</sup> gezeigt, dass die Strychninkrämpfe die unvergifteten Nervenendigungen überhaupt kaum angreifen, während das Strychnin ohne Krämpfe sie in ziemlich kurzer Zeit lähmt. Bei seinen Versuchen hat er vor der Vergiftung die Schenkelarterie des einen Beines unterbunden und den Ischiadicus des anderen durchschnitten. An diesem Beine wurde bald die Reizbarkeit aufgehoben, an jenem kaum verändert. Bei Temporarien hat er mit dieser Anordnung keinen „so deutlichen Unterschied nachweisen können, weil bei dieser Froschart auch das Strychnin die Erregbarkeit nicht wesentlich herabsetzt“, was mit meinen Versuchen Abtheilung I übereinstimmt.

<sup>1</sup> A. a. O.

<sup>2</sup> A. a. O., S. 32.



### III. Ersatz der Krämpfe mit tetanisirender Reizung.

Da also auch kurzdauernde Strychninkrämpfe die Eigenschaft besitzen, eine solche Curareermüdung hervorzurufen, könnte man sich möglicherweise vorstellen, dass eben die vom Rückenmarke aus durch die Vergiftung ausgelösten Krämpfe etwas Besonderes an sich hätten, dass diese Entstehungsart der krampfhaften Contraktionen für die Entwicklung der Curarewirkung ganz speciell disponirten. Die oben (S. 310) citirte Aeusserung Harnack's scheint auf eine solche Auffassung hinzudeuten. Um diese Frage etwas zu beleuchten, habe ich versucht, den Einfluss der Krämpfe durch denjenigen der tetanisirenden Reizung der Nerven zu ersetzen. Die Wirkungsintensität der Reflexkrämpfe zu schätzen und ein entsprechendes Quantum electrischer Reize dem Nerven zuzuführen, ist natürlich unmöglich. Die Versuche zeigen jedoch, dass die künstlichen Tetani eine den „natürlichen“ ganz analoge Wirkung ausüben.

Versuch X. 14./II. Körpergewicht 30 g. — Unterbindung der linken Schenkelarterie, Durchschneidung des rechten N. ischiadicus. 3 mg Chloret. strychnic. (5 mg: 50 g). Circulation (ausser im linken Beine) noch 9 Minuten vor der Decapitation gut erhalten. Reflexe fast nur im linken Beine. Herz bei der Präparation stillstehend, noch mechanisch reizbar. — Das rechte (vergiftete) Präparat zuerst während 3 Minuten mit kurzen (jede zweite Secunde wiederholten) tetanisirenden Reizen vom Nerven aus behandelt. Obgleich der Muskel bei den Strychninkrämpfen nicht betheiligt gewesen, ist er nachher beinahe erschöpft. Bei nachfolgender Prüfung mit Einzelschlägen, 10 cm R.-A., wurden fast alle Zuckungen minimal: Erste Zuckung 1.6 mm, die letzte unmessbar; Zuckungszahl = 33. — Das linke (unvergiftete) Präparat, welches die Strychninkrämpfe mitgemacht hat, führt (ohne vorherige Tetanisirung) bei 10 cm R.-A. eine ziemlich lange Zuckungsreihe aus: Erste Zuckung 9.9 mm, die letzte 0.6 mm; Zuckungszahl = 260.

XI. 15./II. Gewicht 29 g. — Durchschneidung beider Ischiadici, Unterbindung der linken Schenkelarterie. — 2.9 mg des Giftes (5 mg: 50 g). 10 Minuten nach der Injection die Circulation (der rechten Schwimnhaut) in den grösseren Gefässen recht gut erhalten. Bei der Präparation (30 Min. nach der Injection) Herz stillstehend, beinahe unreizbar. Das rechte (vergiftete) Präparat wurde 6 Min. lang durch kurze tetanisirende Reize ermüdet (erste tetanische Contraction 15.2 mm, die letzte 5.8 mm; die Reihe ziemlich unregelmässig). Bei Prüfung mit Einzelschlägen führt dieses Präparat nachher eine kurze Reihe beinahe minimaler Zuckungen aus: Erste Zuckung 1 mm, letzte minimal; Zuckungszahl = 30; hat sich nach einigen Minuten etwas erholt: Erste Zuckung 2 mm, letzte 0.6 mm; Zuckungszahl = 84; macht aber nachher auch bei 0 cm R.-A. nur einige niedrige und unregelmässige Zuckungen. Das linke (unvergiftete) Prä-

parat auch wie das andere 6 Min. lang tetanisirt (erste tetanische Contraction 19<sup>mm</sup>, letzte 14·6<sup>mm</sup>; höhere, mehr regelmässige, langsamer abnehmende Zuckungen als die der vorigen Tetanusreihe). Bei der folgenden Prüfung mit Einzelschlägen (10<sup>cm</sup> R.-A.) scheint das Präparat stark angegriffen: Erste Zuckung 0·9<sup>mm</sup>, letzte 0·7<sup>mm</sup>; Zuckungszahl = 48. Die Zuckungen nahmen aber sehr wenig ab, und das Präparat hätte sicher noch eine lange Reihe überminimaler Zuckungen ausführen können. Uebrigens waren die Reize offenbar untermaximal, denn bei 7<sup>cm</sup> R.-A. hat das Präparat nachher folgende Reihe ausgeführt, die jedoch nicht bis zur Ermüdung fortgesetzt wurde: Erste Zuckung 5·3<sup>mm</sup>, letzte 1·2<sup>mm</sup>; Zuckungszahl = 800.

Der Versuch X. zeigt, dass ein deutlicher Unterschied besteht zwischen dem Einfluss der Krämpfe auf das unvergiftete Präparat (welcher Einfluss diesmal recht bedeutend war) und dem der künstlichen, tetanisirenden Reize auf das vergiftete: dieser ist viel intensiver als jener. Es ist jedoch recht gut möglich, dass die 90 kurzen tetanisirenden Reize, welche das vergiftete Präparat während 3 Minuten trafen, an sich schon mehr ermüdend wirken könnten, als die während einer halben Stunde auftretenden Strychninkrämpfe. Dieser Einwand lässt sich jedoch nicht gegen Versuch XI. erheben. Bei diesem Versuch wurde vor der Prüfung sowohl das vergiftete wie das unvergiftete Präparat, welche beide vor der Wirkung der Strychninkrämpfe geschützt gewesen, von 180 kurzen, tetanisirenden Reizstössen während 6 Minuten getroffen. Nachher erwies sich das vergiftete Präparat als bedeutend stärker angegriffen. Zwar ist der Unterschied in Wirkungsintensität der tetanisirenden Reize auf die vergifteten und unvergifteten Präparate nicht so gross wie in mehreren Versuchen, wo die Strychninkrämpfe eingewirkt haben. Dieser Unterschied kann aber davon bedingt sein, dass bei der Anordnung mit künstlichen Reizen (besonders Versuch XI) diese nur ausgeschnittene, circulationslose Gebilde trafen. Waren diese Gebilde unvergiftet, haben sie natürlich weniger Widerstandsfähigkeit besessen, als diejenigen unvergifteten Präparate, welche während der Einwirkung der ermüdenden Krämpfe noch nicht herauspräparirt waren. Waren sie aber bei jener Gelegenheit vergiftet, so sind während der ermüdenden Thätigkeit (post praeparationem) keine neuen Giftmengen vom Blute aus hinzugeführt; dadurch wurden möglicherweise die vergifteten Präparate weniger angegriffen, als wenn sie intra vitam, bei erhaltener Circulation (mit vergiftetem Blute), an den Krämpfen theilgenommen hätten.

Jedenfalls zeigen die Versuche, dass die „künstlichen Krämpfe“ einen analogen Einfluss auf die Entwicklung der Curareermüdung ausüben als die Strychninkrämpfe selbst.

### B. Brucin.

Obgleich das Brucin auch bei Temporarien oft nicht besonders starke Krampferscheinungen hervorruft und es also überflüssig erscheinen könnte, in diesem Zusammenhange auch dieses Gift zu berücksichtigen, mag jedoch des Vergleiches halber mit Strychnin wenigstens ein Brucinversuch hier mitgeteilt werden. Meine früher publicirten Brucinversuche sind unter etwas verschiedenen Verhältnissen in Bezug auf Apparat und Versuchsmaterial (Frösche) ausgeführt und können daher vielleicht nicht ohne Weiteres mit den Strychninversuchen hier oben zusammengestellt werden.

Versuch XII. 28./III. Körpergewicht 23<sup>g</sup>. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 4·6<sup>mg</sup> Brucin. sulphur. (1 Procent). — 10<sup>mg</sup> auf 50<sup>g</sup> Körpergewicht in den Bauchlymphsack. — Nach Reflexsteigerung und Andeutungen zu Krämpfen vollständige Erschlaffung. — Bei der Präparation das Herz schlaff, schlägt sehr langsam (6 in 1 Min.); Atropin beschleunigt kaum. Das rechte, durch die Reflexbewegungen beeinflusste Präparat giebt bei 10<sup>cm</sup> R.-A. nur zwei Zuckungen; die erste 2·2<sup>mm</sup>, die zweite minimal. — Das linke, unermüdete Präparat führt bei 10<sup>cm</sup> R.-A. eine kurze, etwas unregelmässige Reihe aus: Erste Zuckung 7·3<sup>mm</sup>, letzte 0·7<sup>mm</sup>, Gesamtzahl der Zuckungen = 35.

Der Unterschied zwischen dem unermüdeten und dem ermüdeten Präparat ist deutlich, obgleich die Bewegungen des einen Muskels nicht besonders heftig oder ermüdend waren. Dass sie jedoch eingewirkt haben, ist natürlich, da das Brucin ein stark curareähnlich wirkendes Gift ist und daher vor der Vernichtung der Reizbarkeit der motorischen Nervenendigungen deren Ermüdbarkeit bedeutend erhöht. Jedoch ist der Unterschied sehr viel geringer, als bei Strychnin, was darauf hinweist, dass

das Brucin auch unabhängig von Krämpfen und sonstigen ermüdenden Einflüssen in weit höherem Masse als Strychnin Curarewirkung hervorruft. Wenn man den Einfluss der Krämpfe und dergleichen ausschliesst, ist auch bei Temporarien sowie bei Esculenten das Brucin ein stärkeres Curaregift als das Strychnin.

Zur Angabe eines bestimmten Giftigkeitsverhältnisses eignen sich die hier mitgetheilten Versuche nicht, weil in Versuch V oben mit gleicher Gabe von Strychnin und mit durchschnittenem Nerven die Zuckungsreihe lange vor der Ermüdung des Präparates unterbrochen wurde. Das Brucinpräparat war nach 35 Zuckungen erschöpft, das Strychninpräparat hat sicher weit mehr als 400 Zuckungen ausführen

können. Das Brucin ist also, nach diesen Versuchen zu urtheilen, bei Temporarien bedeutend mehr als zehnmal so stark curarewirkend als das Strychnin.

### C. Morphin.

Im Allgemeinen wird angegeben, dass das Morphin auf die motorischen Nervenendigungen sowie auf die Muskelsubstanz keinen Einfluss ausübt. Zwar hat einst Albers<sup>1</sup> angegeben, dass dieses Gift die Reizbarkeit dieser Nervenenden aufhob. Er hat aber grosse Gaben benutzt und die Prüfung der Reizbarkeit spät unternommen. Seine Angaben werden auch von mehreren Forschern, wie Onsum,<sup>2</sup> Gscheidlen<sup>3</sup> und später Witkowsky<sup>4</sup> bestritten. Sie heben hervor, dass, wenn man nur vor der Vergiftung oder wenigstens vor dem Ausbruch der Krampferscheinungen den N. ischiadicus durchschneidet, die faradische Reizbarkeit mehrere Stunden unverändert bestehen bleibt. Wird aber der Nerv nicht durchschnitten, so sinkt seine Reizbarkeit allmählich und wird zuletzt ganz aufgehoben, was einfach davon bedingt sein sollte, dass die Krämpfe die motorischen Nervenendigungen ermüdet hätten.

Später haben Stockmann und Dott<sup>5</sup> die Richtigkeit der Angaben von Albers nachgewiesen. Sie vermuthen, dass in den Versuchen Witkowsky's das Morphinum nicht in genügender Menge die motorischen Nervenenden erreicht hat. Wenn man das Gift in grosser Gabe direct in die Aorta einspritzt, stellt sich auch nach vorheriger Durchschneidung des Nerven Curarewirkung ein (Versuch dieser Art wird nicht mitgetheilt). Auch tritt diese Wirkung bei folgendem Experiment hervor: Einem decapitirten Frosch wurden Arteria und Vena femoralis links unterbunden; beide Ischiadici präparirt, reagirten bei 22<sup>cm</sup> Rollenabstand. Dann wurden 5<sup>cc</sup> Morph. hydrochlor. subcutan injicirt. Der Frosch machte das paralytische und das tetanische Stadium durch; lag am folgenden Tage erschöpft; das Herz schlug noch. Der linke Ischiadicus (am unvergifteten Bein) gab bei 10<sup>cm</sup> Rollenabstand deutliche Zuckungen (Reizbarkeit nur herabgesetzt), der rechte (am vergifteten Bein) keine (Reizbarkeit aufgehoben). Stockmann und

<sup>1</sup> Albers, *Virchow's Archiv*. (1863.) Bd. XXVI, S. 266.

<sup>2</sup> Onsum, *Norsk Magazin for Lægevidenskaben*. 1864. S. 686.

<sup>3</sup> Gscheidlen, *Untersuchungen aus dem physiol. Laboratorium in Würzburg*. 1869.

<sup>4</sup> Witkowsky, *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmacol.* (1877). Bd. VII, S. 253.

<sup>5</sup> *British med. journal*. Juli 26, 1890. p. 189 folg.

Dott haben auch beim Kaninchen die Curarewirkung des Morphins nachgewiesen, indem sie die Giftlösung direct in die Arteria femoralis eingespritzt haben.

Nach den jetzigen Anschauungen beweisen aber schon die Versuche von Onsum, Gscheidlen und Witkowsky, dass das Morphin in derselben Art wie das Strychnin Curarewirkung besitzt. Da nämlich die Morphinkrämpfe wohl meistens weder besonders heftig, noch sehr anhaltend sind, ist es unmöglich, dass sie allein die motorischen Nervenenden erschöpfen könnten, wenn nicht die Ermüdbarkeit dieser Gebilde durch das Gift bedeutend gesteigert wäre. Um diese Auffassung noch mehr zu begründen, theile ich ein paar Versuche nach der hier angewandten Methode mit.

Nur in einer Beziehung unterscheiden sich die Morphinversuche von den vorigen und nachfolgenden. Da nämlich die Morphinkrämpfe erst ziemlich spät, eine Stunde oder mehr nach der Vergiftung, sich entwickeln, musste dieses Stadium ablaufen, ehe das Thier getödtet wurde. In den beiden nächstfolgenden Versuchen sind also 80 statt 30 Minuten zwischen der Vergiftung und der Präparation verfloßen. Es wurde eine 5 proc. Lösung von Morphin. hydrochloric. benutzt.

### Morphinversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 g Körpergewicht)	Roll- abstand Centi- meter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv				Nerv	
		durchschnitt	erhalten	durchschnitt	erhalten	durchschnitt	erhalten
		Anfang	Ende	Anfang	Ende		
XIII. 6.6:50	8 und 10	13.6	1.2	9.7	Minim.	295	26
XIV. 8.6:50	8	9.8	1.9	3.0	„	450	28

### Bemerkungen zu den Versuchen XIII und XIV.

XIII. 11./IV. Körpergewicht 38 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5 g Morphin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. — In 20 Min. totale Lähmung, nach 30 Min. Andeutung zu Reflexsteigerung, welche später zunimmt. Nach 1 Stunde haben die gesteigerten Reflexe immer mehr den Charakter kurzer Tetani angenommen: bei jeder Berührung eine schnelle Streckbewegung und ein kurzes Zittern. Herz schlägt gut. Die Reflexsteigerung dauert an, die Bewegungen an sich aber werden bald immer kleiner und mehr abgeschwächt. — Präparation 1 Stunde 20 Min. nach der Vergiftung. (Dabei ziemlich viel Morphiumlösung unresorbirt im Bauchlymphsack.) — Reihe des rechten (vorher ermüdeten)

Präparates sehr unregelmässig mit einzelnen grossen Contractionen, die des linken auch am Ende unregelmässig.

XIV. 16./IV. Gewicht 29 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5 cc des Giftes. — Symptome wie in Versuch XIII. Präparation 1 Stunde 20 Min. nach der Injection. Herz schlägt gut. — Unresorbirte Lösung wie oben. — Die Reihen regelmässig.

Diese Versuche zeigen erstens, dass die Morphinumkrämpfe das schnelle Eintreten der Ermüdung in hohem Grade befördern. Präparate, welche das Krampfstadium mitgemacht haben, ermüden wenigstens 11 bis 17 mal schneller als diejenigen, welche vorher nicht ermüdet waren.

Weiter geht aus ihnen hervor, dass das Morphinum sogar unabhängig von den Krämpfen eine, wenn auch ziemlich schwache Curarewirkung ausübt. Denn wenn ein Nervmuskelpräparat bei Reizung vom Nerven aus mit einzelnen, maximalen Inductionsschlägen nach 300 bis 450 Zuckungen beinahe erschöpft ist (während die directe Muskelreizbarkeit normal bleibt), dann sind die motorischen Nervenendigungen sicher nicht normal, ihre Ermüdbarkeit ist abnorm erhöht. Wie oben angedeutet, wird die Curarewirkung des Morphins auch noch dadurch bewiesen, dass die ziemlich unbedeutenden Krämpfe die motorischen Nervenendapparate so stark angreifen können.

Das Morphinum scheint also in Bezug auf die hier studirte Wirkung sich dem Strychnin zu nähern. Jedoch ist die Stärke des Morphins bedeutend geringer. Eine vergleichende Messung ist auf Grund dieser Versuche eigentlich kaum erlaubt, weil die Wirkungszeit der Gifte sehr verschieden war. Einerseits hat das Morphinum viel längere Zeit eingewirkt als das Strychnin, andererseits sind mit jenem Gifte die so bedeutungsvollen Krämpfe weit später eingetreten als mit diesem. Und da übrigens die Resorption des Morphins sehr unvollständig war, lässt sich über das Giftigkeitsverhältniss nichts Sicheres aussagen. Das Strychnin ist wohl wenigstens 10 bis 20 mal giftiger für die Nervenenden als das Morphin.

Aus dem Gesagten geht hervor, warum man über die Nervenendenwirkung des Morphins sowie über diejenige des Strychnins zu verschiedenen Resultaten gekommen ist. Die streitigen Ansichten haben beide etwas Richtiges enthalten: das Morphinum greift unzweifelhaft die motorischen Endapparate an; diese Wirkung kommt aber gewöhnlich nur unter Vermittelung der Krämpfe deutlich zum Vorschein.

### D. Hydrastin.

Die Pharmacologie der Hydrastisbasen ist von vielen Forschern bearbeitet worden.<sup>1</sup> Der motorischen Nervenendwirkung scheinen sie aber wenig Aufmerksamkeit gewidmet zu haben, was ja sehr natürlich ist, da diese Wirkung von keiner praktischen Bedeutung ist und mit den Hauptwirkungen dieser Gifte nichts zu thun hat.

Was das Hydrastin betrifft, so wurde meistens angegeben, dass es bei Kaltblütern die Reizbarkeit der motorischen Nervenenden erhöhe (Bartholow 1884, Mays 1885, Slavatinsky 1886); nur Cerna<sup>2</sup> hat gefunden, dass es die Erregbarkeit der peripheren motorischen Nerven sowie die der Musculatur aufhebe, und diese Gebilde lähme. Eine locale Affection der Muskelsubstanz hatte übrigens schon früher Edm. Falk gefunden.

Da das Hydrastin einerseits ein ausgesprochenes Krampfgift ist, andererseits eine gewisse Curarewirkung besitzen soll, übrigens das Herz und, wenigstens local, auch die Muskelsubstanz angreift, schien es von Interesse zu sein, nachzusehen, wie diese verschiedenen Wirkungen in einander greifen und in diesem Zusammenhange besonders, ob die Krampfsymptome für die Entwicklung der Curarewirkung von Bedeutung sind.

Das mir zu Gebote stehende Hydrastinpräparat war Hydrastin. puriss. chryst. Merk, woraus durch Zusatz von Säuren Lösungen bereitet wurden. Für Versuch XV und XVI wurde eine 1 proc. Lösung mit Hülfe von möglichst wenig Salpetersäure bereitet, für Versuch XVII bis XIX eine 5 proc. mit einigen Tropfen Salzsäure. Die Lösungen waren sehr wenig sauer.

Der Applicationsort des Giftes ist für die Resultate von Bedeutung, weil die locale Wirkung auf die Muskelsubstanz unter Umständen eine Rolle spielt. Ich habe daher bei den folgenden Versuchen verschiedene Applicationsorte geprüft, welche auch zum Theil ungleiche Resultate gegeben haben. (Siehe die Tabelle Seite 325.)

#### Bemerkungen zu den Versuchen XV. bis XIX.

XV. 21./II. Körpergewicht 30 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 1.8 g Hydrastin. nitric. in den Bauchlymphsack. — Nach 1 Min. Tetanus; dann bald Lähmung mit Reflexsteigerung, die Reactionen immer schwächer. 20 Min. nach der Vergiftung Reflexe beinahe auf-

<sup>1</sup> Ueber die Litteratur dieses Capitels siehe K. von Bunge, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Hydrastis canadensis* . . . Dissert. Dorpat 1893.

<sup>2</sup> Cerna, *Therap. Gazette*. May 15, 1891.

## Hydrastinversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 <sup>g</sup> Körpergewicht)	Rollen- abstand Centi- meter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv				Nerv	
		durchschnitten	erhalten	durchschnitten	erhalten	durch- schnitten	erhalten
		Anfang	Ende	Anfang	Ende		
XV. 3:50	10	10.1	4.2	6.8	5.0	582	860
XVI. 5:50	10	12.2	0.5	12.8	1.0	250	125
XVII. 5:50	10	—	—	8.8	1.0	—	630
XVIII. 5:50	10—0	—	—	—	—	—	0
XIX. 5:50	10—6	10.9(16)	15.0	5.0	0.1	sehr gross	117

gehoben. — Bei der Präparation (30 Min. nach der Injection) viel unresorbirte Lösung im Lymphsack. Herz geschwollen, schlug sehr langsam. — Beide Ermüdungsreihen lange vor der vollständigen Ermüdung unterbrochen (letzte Zuckungen 4.2 bzw. 5<sup>mm</sup>). Die des linken (vorher unermüdeten) Präparates zeigt viel grössere Zuckungen (und schöne „Treppe“ bis 13<sup>mm</sup>) als die des rechten. Die Reaction des linken Präparates kann als beinahe normal aufgefasst werden.

XVI. 18./III. Gewicht 27<sup>g</sup>. — Durchschneidung des linken Ischiadicus. — 2.7<sup>g</sup> Hydrastin. nitric. in den Bauchlymphsack. Ein kleiner Theil der Lösung floss durch die Wunde am linken Oberschenkel aus (Communication zwischen den Lymphsäcken?) — Symptome wie oben Versuch XV. — Beide Reihen sehr unregelmässig (die des linken Präparates sogar etwas mehr als die des rechten). Zuletzt zeigen beide eine Andeutung zu Contractur. Die Hydrastinlösung war in directer Berührung mit den Beinmuskeln — wenigstens mit denjenigen des linken Beines — gelangt.

XVII. 19./III. Gewicht 31<sup>g</sup>. — Keine Voroperation. 3.1<sup>g</sup> Hydrastin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. Symptome wie in Versuch XV. Bei der Präparation Herz stillstehend, mechanisch etwas erregbar. — Eine lange, nicht ganz regelmässige Reihe zeigt jedoch — besonders mit den nachfolgenden normalen Reactionen bei directer Muskelreizung verglichen — eine deutliche Giftwirkung.

XVIII. 20./III. Gewicht 38<sup>g</sup>. — Keine Operation. — 3.8<sup>g</sup> Hydrastin. hydrochlor. unter die Haut des linken Oberschenkels. Das linke Bein sofort gelähmt, todtstarr. Im rechten Bein sowie in Muskeln des Rumpfes und der Vorderextremitäten bald Krämpfe. Nach 25 Min. noch Reflexsteigerung, Bewegungen jedoch schwach; keine Krämpfe mehr. — Bei der Präparation Herz stillstehend, stark angeschwollen, noch mechanisch reizbar; Atropin unwirksam. — Muskeln des linken Beines starr, rau und weisslich verfärbt, die des rechten sehen normal aus. — Das



Präparat vom rechten Bein giebt bei 10<sup>cm</sup> R.-A. keine Reaction, bei 0<sup>cm</sup> drei einzelne grössere Contractionen und einige unmessbare Andeutungen. Auch bei directer Muskelreizung (0<sup>cm</sup>) nur eine sehr schwache Reaction (kurze Reihe). Mit kurzen tetanisirenden Reizen kleine Contractionenfolgen vom Nerven und Muskel.

XIX. 21./III. Gewicht 28<sup>g</sup>. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 2·8<sup>cc</sup> Hydrastin. hydrochlor. unter die Rückenhaul. Symptome ungefähr wie in Versuch XV. Bei der Präparation Herz stillstehend in Diastole, gut reizbar. Lösung zum Theil unresorbirt. Rückenmuskeln todtenstarr, diejenigen der Extremitäten sehen normal aus. Die Reihe des rechten Präparates etwas unregelmässig, zeigt einen sehr raschen Abfall bis Minimum; auch die Contractionen des direct gereizten Muskels (0<sup>cm</sup>) sind zwar kräftiger als die indirect ausgelösten, nehmen aber auch ziemlich schnell ab. — Die Reihe des linken Präparates zeigt überhaupt kaum einen nachweisbaren Einfluss des Giftes, weist eine bedeutende „Treppe“ (bis 16<sup>mm</sup>) auf und hätte sicher stundenlang gedauert, wenn sie nicht unterbrochen worden wäre.

Aus den Versuchen XV, XVI und besonders XIX geht hervor, dass auch bei Vergiftung mit Hydrastin die Krämpfe für die Entwicklung einer, wenn auch meistens schwachen, Nervenendwirkung eine Rolle spielen.

In Versuch XV werden die Reihen vor der vollständigen Ermüdung unterbrochen; die Ueberlegenheit des vor den Krämpfen geschützten Präparates ist jedoch unverkennbar. Bei diesem scheint sogar die Ermüdung kaum schneller als bei einem normalen einzutreten.

In Versuch XVI ist die Giftlösung aller Wahrscheinlichkeit nach mit den Beinmuskeln in directe Berührung gekommen — wenigstens am linken, vor den Krämpfen geschützten Beine. Darin lag sicher die Ursache dazu, dass dieses Präparat nicht besonders viel besser als das rechte (vorher ermüdete) reagirt hat. Denn hier ist offenbar auch das „geschützte“ Präparat angegriffen.

Versuch XVIII zeigt ein Beispiel davon, dass auch ein vor den Krämpfen nicht geschütztes Präparat sehr wenig beeinflusst sein kann. Dass aber auch in diesem Falle die motorischen Nervenenden etwas angegriffen sind, geht daraus hervor, dass nach beendigter Ermüdungsreihe der Muskel direct mit Einzelschlägen gereizt, besser reagirt, als bei Reizung vom Nerven aus. Denn wie ich neulich nachgewiesen habe,<sup>1</sup> tritt unter normalen Verhältnissen für einzelne Inductionsreize die Ermüdung des direct gereizten Muskels früher hervor, als diejenige des vom Nerven aus gereizten Präparates. Die Ursache dazu, dass die

<sup>1</sup> Dieses Archiv. (1895.) Bd. V. S. 398.

Nervenenden so wenig, die Muskelsubstanz überhaupt gar nicht angegriffen zu sein scheint, liegt möglicherweise darin, dass vielleicht eben in diesem Versuche das Herz früh beschädigt worden ist.

Was den Versuch XVIII betrifft, so ist wohl als sicher anzunehmen, dass die Gifflösung auch diejenigen Gebilde direct betroffen hat, welche später für den Versuch verwendet wurden. Zwar waren die Muskeln des rechten Beines nicht sichtbar verändert; der Wegfall jeder Reaction lässt sich aber kaum in anderer Art erklären.

Versuch XIX endlich, der am meisten beweiskräftige, zeigt folgende Verhältnisse. Beim nicht „geschützten“ Präparat sind sowohl die motorischen Nervenendigungen als auch die Muskelsubstanz ziemlich stark beeinflusst, die erstgenannten jedoch deutlich in höherem Masse. In Bezug auf das vor den Krämpfen geschützte Präparat ist es fraglich, ob überhaupt eine curareähnliche Wirkung stattgefunden hat oder nicht.

Aus diesen Versuchen scheint also hervorzugehen, dass, wenn nur nicht das Hydrastin zu früh das Herz lähmt oder durch directe Berührung die Muskelsubstanz tödtet, dieses Gift — auch unabhängig von den Krämpfen — eine, wenn auch sehr schwache, Curarewirkung (Neigung zur schnellen Ermüdung) hervorruft. Wenn noch dazu Krämpfe auftreten, stellt sich diese Curareermüdung ziemlich rasch ein. Gleichzeitig entwickelt sich aber unter Umständen eine directe Muskelwirkung des Giftes: Bei directer Reizung des Muskels zeigen nämlich die Zuckungsreihen eine abnorm schnell eintretende Ermüdung. Auch bei sehr starker Hydrastinwirkung ist jedoch die Affection der Nervenenden intensiver als die der Muskelsubstanz (siehe Versuch XVIII, Bemerkungen).

In den hier mitgetheilten Versuchen ist es möglich, dass die directe Muskelwirkung zum Theil als eine Säurewirkung der schwach sauren Lösung aufzufassen ist.

Eine Steigerung der Erregbarkeit der Nervenendapparate durch Hydrastin geht aus meinen Versuchen nicht hervor. Diese sind aber nicht darauf gerichtet, und besonders sind wohl die Gaben zu gross, um diese Art der Wirkung hervortreten zu lassen.

### E. Hydrastinin.

Das Hydrastinin, welches zusammen mit der Opiansäure das Hydrastin bildet, ist, wie bekannt, kein Krampfgift, greift — auch local angebracht — nicht die Muskelsubstanz an und ist für das Herz weniger gefährlich als das Hydrastin. Seine Wirkung auf den motorischen

Apparat beschränkt sich auf eine directe Lähmung (Marfori u. A.).<sup>1</sup> Ueber die Art dieser Lähmung äussern sich die Autoren etwas verschieden. E. Falk bezeichnet sie als eine rein centrale; Archangelsky giebt an, dass die Reizbarkeit „der peripheren motorischen Apparate (quergestreifte Musculatur) herabgesetzt“ wird;<sup>2</sup> von Bunge endlich<sup>3</sup> theilt ein paar Versuche mit, welche zeigen, dass Muskel- bzw. Nerv-muskelpräparate vom Frosch, wenn sie in eine Lösung von Hydrastinin. hydrochlor. (1:100 bis 350) getaucht werden, etwas schneller als die Controllpräparate (in physiologischer Kochsalzlösung), obwohl ganz allmählich, ihre Reizbarkeit verlieren. Eine curareähnliche Wirkung des Hydrastinins nach Resorption desselben aus dem subcutanen Gewebe ist, so viel ich weiss, nicht nachgewiesen.

Obgleich bei der Entwicklung der Nervenendwirkung des Hydrastinins ermüdende Krämpfe keine Rolle spielen wie bei den oben abgehandelten Giften, will ich doch die Gelegenheit benutzen, zum Vergleich mit dem Hydrastin hier auch einige Versuche über das Hydrastinin mitzutheilen. Dieselben sind mit Hydrastinin. hydrochlor. Merk in 5 proc. Lösung ausgeführt.

### Hydrastininversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 <sup>g</sup> Körpergewicht)	Roll- abstand Centimeter	Zuckungshöhen in Millimetern		Zahl der Zuckungen
		Anfang	Ende	
XX. 2:50	8.2	13.5	0.8	423
XXI. 3:50	8.0	2.1	Minimum	10
XXII. 5:50	10.0	—	—	0
XXIII. 10:50	10.0	—	—	0

### Bemerkungen zu den Versuchen XX bis XXIII.

XX. 6./III. Körpergewicht 25 g. — Keine Voroperation. 1 cc Hydrastinin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. Hüpfte anfangs unruhig, liegt nach 15 Min. schlaff, beinahe gelähmt, ohne dass Reflexsteigerung oder Krämpfe vorausgegangen sind. Herz schlägt gut. Präparation eine halbe Stunde nach der Vergiftung. Bei Zerstörung des Rückenmarkes noch schwache Krämpfe. — Die Ermüdungsreihe beinahe regelmässig, zeigt eine ziemlich schwache Curarewirkung.

<sup>1</sup> Ueber Hydrastininlitteratur siehe bei K. von Bunge, a. a. O., S. 59—68.

<sup>2</sup> Citirt nach K. von Bunge; das Original russisch.

<sup>3</sup> A. a. O., S. 112—114.

XXI. 8./III. Gewicht 31 g. — Keine Operation. — 1.86 cc des Giftes in den Bauchlymphsack. Schlaffe Lähmung total schon nach 5 Min. — Bei Zerstörung des Rückenmarkes keine Bewegung. Herz beim Eröffnen des Brustkastens stillstehend, contrahirt sich nachher mitunter sehr kräftig. Atropin beschleunigt den Puls, zuletzt sehr bedeutend. — Die kurze Zuckungsreihe ganz regelmässig. Die folgenden Zuckungen bei directer Muskelreizung von etwas wechselnder Höhe, sonst normal.

XXII. 23./II. Gewicht 36 g. — Keine Operation. — 3.6 cc des Giftes in den Bauchlymphsack. — Symptome (auch vom Herzen) wie im vorigen Versuch. — Bei Reizung vom Nerven aus (10 cm) keine Reaction; bei 2 bis 0 cm einzelne theils sehr hohe, theils kleine, unregelmässige Zuckungen; viele Reize unbeantwortet. Muskel, direct gereizt (0 cm), reagirt normal und kräftig.

XXIII. 22./II. Gewicht 29 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5.8 cc des Giftes in den Bauchlymphsack. — Lähmung wie oben. Puls zuerst 56 pro Minute, nimmt dann schnell ab. Bei der Präparation schlagen die Vorhöfe 2 bis 3 mal schneller als die Kammer. — Das rechte Präparat (in der Tabelle oben allein berücksichtigt) giebt bei 10 bis 0 cm sowie bei kurzen tetanisirenden Reizen vom Nerven aus keine Reaction. Muskel (0 cm) normal. — Das linke Präparat vom Nerven bei 10 cm einige vereinzelte Reactionen, sonst wie oben.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass das Hydrastinin eine recht kräftige Curarewirkung besitzt. Bei einer Gabe von 3 cc auf 50 g und nicht durchschnittenem Nerven wird in einer halben Stunde die Lähmung der Nervenenden beinahe total. Hierbei haben die recht lebhaften Sprünge und Bewegungen (Excitation, Schmerz?) unmittelbar nach der Injection gleichzeitig mit dem Gifte auf die Nervenenden eingewirkt und wohl den Eintritt der Curareermüdung beschleunigt. Nach Durchschneidung des Nerven vor der Vergiftung (Versuch XXIII) giebt das Präparat auch bei Vergiftung mit 10 cc Hydrastinin auf 50 g Körpergewicht noch einige vereinzelte Reactionen.

In Bezug auf die Stärke der Nervenendwirkung des Hydrastinins lässt sich wohl aussagen, dass sie bedeutend grösser ist als diejenige des Hydrastins (vgl. z. B. Versuch XV mit XXI), grösser auch als die des Morphins. Das Brucin dagegen scheint etwa dreimal stärker curarelähmend zu wirken, weil 1 cc Brucin (Versuch XII) und 3 cc Hydrastinin (Versuch XXI) eine Wirkung von ungefähr derselben Ordnung hervorgerufen haben.

Damit, dass ich also dem Hydrastinin. hydrochlor. eine peripherisch lähmende Wirkung zuspreche, wird natürlich ein gleichzeitiger central lähmender Einfluss desselben nicht geleugnet. Das Hydrastinin besteht aus einem transformirten Isochinolin, und Isochinolin. hydrochlor. ist

wenigstens in einer Gabe von 2.5 % auf 50 % Körpergewicht ein recht central lähmendes Gift (nach Versuch vom Verf.)<sup>1</sup> Durch Methylirac des Isochinolins wird dieses zu einem Nervenendgift.<sup>2</sup> In dem Hydrastinin kommt eben das Isochinolin methyliert vor, und es ist sehr wahrscheinlich, dass wir in der Curarewirkung des Hydrastinins einfach eine Methylisochinolinwirkung zu sehen haben. Folgende Versuche zeigen die Uebereinstimmung:<sup>3</sup>

Gift	Gabe Centigramm	Rollens- abstand Centimeter	Zuckungshöhe in Millimetern		Zahl der Zuckungen
			Anfang	Ende	
Methylisochinolin. hydrochl.	2.5 : 50 %	10—5	3.5	Minim.	44
Hydrastinin. hydrochlor.	3.0 : 50 %	8	2.1	"	10

Durch die Verbindung des Hydrastinins mit der Opiansäure<sup>1</sup> Hydrastin wird sowohl die central als die peripherisch lähmende Wirkung durch den reflexsteigernden und krampferregenden Einfluss gewissermassen in den Hintergrund gedrängt. Diese Reizwirkung gehört wohl nicht zu der Opiansäure an sich, sondern geht, wie es mit mehreren specifischen Wirkungen der complicirt gebauten Alkaloide so oft geschieht, eben aus der Combination ihrer Bestandtheile, aus der Bindungsart derselben oder dergleichen hervor. Wenn aber auch die peripherisch lähmende Wirkung des Hydrastins an sich wenig ausgeprägt ist, so ist sie doch noch da und wird eben durch den Einfluss der Krämpfe verstärkt und gewinnt dabei Gelegenheit, im Vergiftungsbild eine Rolle zu spielen.

Die Resultate der hier mitgetheilten Versuche können folgendermassen kurz zusammengefasst werden:

1) Das Strychnin befördert (an Temporarien) durch den Einfluss der Krämpfe in hohem Masse die Entwicklung einer Curarewirkung — d. h. zuerst eine abnorm schnelle Ermüdung, dann eine totale Lähmung der motorischen Nervenendigungen. Wenn man die Einwirkung der Krämpfe ausschliesst, verursacht das Strychnin (an solchen Thieren) überhaupt nur eine ziemlich schwache, zuweilen sogar frag-

<sup>1</sup> *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 47.

<sup>2</sup> Ebenda, S. 46.

<sup>3</sup> Die beiden Versuche sind an kleinen Temporarien (28 und 31 g) Mitte März ausgeführt. — Der eine in Leipzig 1893, der andere in Stockholm 1894.

liche, periphere Lähmung. Sehr ähnlich verhalten sich auch Morphin und Hydrastin. Ihre Curarewirkung tritt eben dadurch am deutlichsten zu Tage, dass die Krämpfe so schnell und so stark die motorischen Nervenenden angreifen.

2) Wenn man durch Arterienunterbindung die eine hintere Extremität eines Frosches vor Vergiftung schützt, rufen die Strychninkrämpfe in diesem unvergifteten Beine nur sehr geringe oder gar keine Ermüdung hervor, während sie im vergifteten Präparate gleichzeitig eine viel stärkere Wirkung, vielleicht totale Lähmung verursachen.

3) Tetanische Reize (vom Nerven) üben eine mit dem Einfluss der Krämpfe analoge Wirkung auf die Entwicklung der peripherischen Strychninlähmung aus.

4) Das Brucin ruft auch unabhängig von Krämpfen und dergleichen in weit höherem Masse als das Strychnin Curarewirkung hervor. Wenn man den Einfluss der Krämpfe ausschliesst, ist auch bei Temporarien (sowie bei Esculenten) das Brucin ein stärkeres Gift für die motorischen Nervenendapparate als das Strychnin.

5) Das Hydrastinin besitzt eine recht starke Curarewirkung, welche wahrscheinlich als Effect des darin enthaltenen methylyliten Isochinolins aufzufassen ist.

---

# Untersuchungen über die Proteinstoffe und die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns.<sup>1</sup>

Von

Prof. K. A. H. Mörner

in Stockholm.

---

Mehrfach ist die Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Menschenharn beziehentlich über die Natur desselben discutirt worden. Die Gegenwart von genuinen Eiweisskörpern im normalen Harn wird von Senator, Posner und Plösz vertheidigt. Andere Autoren verhalten sich in dieser Frage ablehnend: wo die Gegenwart von Proteinstoffen nicht überhaupt verneint wird, werden die vorhandenen Proteinstoffe als Mucin bezeichnet.

Auf eine Erklärung dieser verschiedenen Aussprüche kann ich erst eingehen, nachdem ich meine eigenen Untersuchungen vorgelegt habe. Es geht nämlich aus diesen hervor, dass diese Frage verwickelter ist, als man voraussehen kann. Die Gegenwart von eiweissfällenden Substanzen im normalen Harn, deren Berücksichtigung zum Verständniss der Frage nothwendig ist, wurde nämlich in den früheren Untersuchungen nicht beobachtet. Auch wurde es in früheren Untersuchungen versäumt, die Proteinsubstanzen elementaranalytisch zu untersuchen, was doch zur Klärung der Frage nothwendig ist.

Um Missverständnissen vorzubeugen, will ich schon jetzt hervorheben, dass meine Untersuchungen zu den in den letzten Jahren so zahlreichen Untersuchungen über die Frequenz des im Harne von Gesunden nachweisbaren Eiweisses nur eine entfernte Beziehung haben.

---

<sup>1</sup> Der Redaction zugegangen den 1. August 1895.

Durch diese Beobachtungen wird es entschieden, wie oft man, bei Verwendung des einen oder des anderen Reagenses, Eiweiss im Harn von Gesunden nachweisen kann; die Brauchbarkeit des Reagenses und die pathologische Verwerthung seines Ausschlages werden dadurch beleuchtet. Da jedoch die Empfindlichkeit der Eiweissreactionen (z. B. die Reaction nach Heller mit Salpetersäure in der Kälte, oder die mit Essigsäure und Ferrocyankalium) eine begrenzte ist, kann man daraus nicht schliessen, ob Eiweiss ein normaler Bestandtheil des Harnes sei; über die Natur des gefundenen Eiweisses erhält man dadurch nur einen sehr ungenügenden Aufschluss.

Diese Fragen indessen sind es, und besonders die letzte, welche ich zum Gegenstande meiner Untersuchungen gemacht habe.

Ich habe daher vorzugsweise Harn bearbeitet, die im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei waren.

Der gesammelte Harn wurde stets filtrirt, ehe er bearbeitet wurde. Das zur Filtrirung benutzte Papier wurde auf Eiweiss untersucht; es ward mit Wasser und etwas Ammoniak ausgelaugt; die filtrirte Lösung wurde stark eingengt und mit Millon's Reagens auf Eiweiss geprüft; das Ergebniss war völlig negativ.

Um Entwicklung von Bakterien fern zu halten, wurde der Harn, wo nichts Anderes angegeben ist, durch Schütteln mit Chloroform conservirt. Wenn trotzdem eine Bakterienentwicklung stattfand, wurde der Harn für die Untersuchung nicht verworthen.

Der Harn stammte von erwachsenen (20 bis 45 Jahre alten) gesunden Männern her. In einer Reihe von Untersuchungen wurde der Harn von Frauen verwendet.

## I. Die Mucinsubstanz des Harnsedimentes (der Nubecula).

Trotz mehrerer sorgfältiger Untersuchungen ist es schwer, eine Abgrenzung der Mucingruppe zu geben. Erst dann wird es möglich, dies völlig wissenschaftlich zu thun, wenn wir die Spaltungsproducte der jetzt zu den Mucinsubstanzen gerechneten Stoffe näher kennen werden.

Die Mucinsubstanzen sind Proteide, d. h. sie enthalten Eiweiss oder ein mit Eiweiss verwandtes Component. Daneben enthalten die Mucinsubstanzen ein anderes Component, welches nach dem Kochen mit einer Mineralsäure eine alkalische Kupferoxydlösung reducirt. Die Natur dieses Componentes ist für die verschiedenen Mucinsubstanzen noch nicht ermittelt. Es wird jedoch als ein Kohlenhydrat oder als ein Derivat eines solchen betrachtet.



In einer Reihe von Untersuchungen hat Landwehr<sup>1</sup> die Mucinsubstanzen bearbeitet und ein Kohlenhydrat „thierisches Gummi“ beschrieben, welches er in den untersuchten Mucinsubstanzen wiederfand. Er fasst die Mucinsubstanzen als eine Verbindung des thierischen Gummi's mit Eiweiss auf. Auch von Hammarsten<sup>2</sup> wurde aus dem Mucin der Weinbergsschnecke ein Stoff dargestellt, welcher dem thierischen Gummi Landwehr's entsprach.

Die Untersuchungen Landwehr's bieten für die Kenntniss der Mucinsubstanzen allerdings viel Interesse dar; die Chemie derselben ist indessen durch dieselben noch lange nicht abgeschlossen, und in mehreren Hinsichten ist sie noch lückenhaft.

Eine Frage, welche für die folgende Darlegung bedeutungsvoll ist, betrifft die chemische Individualität der Mucinsubstanzen. Einige derselben sind als gut charakterisirte chemische Körper aufzufassen. Für das Mucin der Weinbergsschnecke und der Submaxillarisdrüse des Kalbes haben die schönen Untersuchungen Hammarsten's<sup>3</sup> dies klargelegt; für das Sehnenmucin die Untersuchungen von Loebisch<sup>4</sup> und für das Mucoid des Hühnereies die von C. Th. Mörner.<sup>5</sup> Hammarsten hat auch gezeigt, dass die Bindung des Eiweisses und des „Kohlenhydratcomponentes“ unter einander eine solche ist, dass man nicht durch Vermischen der Lösungen von Gummi und Globulin ein Mucin erhält. Zwar ist ein solches Gemenge gewissermassen einer Mucinlösung ähnlich, scheidet sich aber in anderer Hinsicht (Gerinnbarkeit beim Kochen, Fällbarkeit der salzsauren Lösung durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium; Fällung durch überschüssige Salpetersäure) deutlich davon.

Diese Frage (von der Individualität des Mucins) ist hierbei von Interesse, da Landwehr<sup>6</sup> angiebt, dass er im Harne thierisches Gummi gefunden habe. Nach seiner Beschreibung zu urtheilen, fand sich das Gummi in freier Form und in keiner festeren Bindung vor. Mit Eiweiss kann eine Lösung des thierischen Gummi's eine durch Essigsäure fällbare Mischung geben. Wenn diese Fällung nicht von präformirtem

<sup>1</sup> Landwehr, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1881. Bd. V, S. 371; — 1882. Bd. VI, S. 75; — 1883—1884. Bd. VIII, S. 114 u. 122; — 1885. Bd. IX. S. 361; — *Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. XXXIX, S. 193; — Bd. XL, S. 21.

<sup>2</sup> Hammarsten, *Arch. f. d. ges. Physiologie.* 1885. Bd. XXXVI, S. 409 u. 426.

<sup>3</sup> Ebenda, S. 378—456; — *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1888. Bd. XII, S. 163—193.

<sup>4</sup> Loebisch, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1886. Bd. X, S. 40—79.

<sup>5</sup> C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1894. Bd. XVIII, S. 525.

<sup>6</sup> Landwehr, *Centralbl. f. d. medic. Wissenschaft.* 1885. S. 369—372.

Mucin zu unterscheiden wäre, so könnte man kaum entscheiden, ob ein im Harn gefundenes Mucin als solches abgesondert wurde, oder ob es durch Zusammentreffen von Eiweiss mit thierischem Gummi entstand.

Wenn wir die Eigenschaften zusammenstellen, durch welche die Substanzen der Mucingruppe gekennzeichnet werden, so ist nach unserer Kenntniss Folgendes hervorzuheben.

Die Mucinsubstanzen sind Proteide, d. h. nebst einem anderen Componente enthalten sie Eiweiss oder einen damit verwandten Körper. Sie geben daher mehr oder weniger vollständig die Farbenreactionen des Eiweisses.

Das andere Component der Mucinsubstanzen scheint ein Körper der Kohlenhydratgruppe zu sein; für die verschiedenen Mucinsubstanzen ist jedoch die Natur derselben noch nicht klargelegt. Beim Erwärmen mit einer Mineralsäure wird ein Körper gebildet, der alkalische Kupferlösung reducirt.

Die Mucinsubstanzen haben einen geringeren Gehalt an Stickstoff und Kohlenstoff als die Eiweisskörper. Sie sind schwefelhaltig. Die Zusammensetzung der einzelnen Mucinsubstanzen ist jedoch recht verschieden.

Durch Erhitzen der Lösung werden die Mucinsubstanzen nicht coagulirt. Sie verhalten sich negativ gegen einige Reagentien, welche die Eiweisskörper fällen (z. B. Essigsäure oder Salzsäure und Ferrocyankalium u. a.).

Die Eigenschaft, mit Essigsäure eine in Ueberschuss der Säure schwer lösliche Fällung zu geben, ist nicht, wie man früher annahm, für die Mucinsubstanzen kennzeichnend. Mehrere Körper, die man aus guten Gründen zu den Mucinsubstanzen rechnet, werden durch Essigsäure nicht gefällt. Andererseits giebt es Eiweissverbindungen, die mit Essigsäure einen schwer löslichen Niederschlag geben, ohne jedoch Mucinsubstanzen zu sein: so die Eiweissverbindungen der Chondroitinschwefelsäure, der Nucleinsäure, der Taurocholsäure u. a.

Die Eiweissverbindungen der Chondroitinschwefelsäure und zum Theil die der Nucleinsäure können durch Erhitzen mit verdünnten Mineralsäuren einen reducirenden Körper abspalten. Als Mucinsubstanzen sind sie jedoch nicht zu bezeichnen.

Da ich in dieser Untersuchung nach den von den Nieren oder den Harnwegen primär abgesonderten Körpern forsche, will ich als „Mucinsubstanz“ nur einen solchen Körper bezeichnen, der präformirt dem Harne zugemischt wird. Kann aber dargethan werden, dass thierisches Gummi und Eiweiss besonders abgesondert werden, sich aber beim Zusammentreffen im Harn verbinden, so will ich diesen Körper als eine Eiweissverbindung und nicht als Mucin bezeichnen.

Die Angaben der Litteratur über das Vorkommen von Mucin im Harn sind spärlich und unvollständig. Ausserdem sind sie dadurch etwas verworren, dass sie sich bisweilen auf im Harn aufgeschwemmtes Mucin, bisweilen auf im Harn aufgelöstes sogenanntes „Mucin“ beziehen. Nur das erste werde ich hier behandeln. Auf das aufgelöste sogenannte „Mucin“ werde ich in einer anderen Abtheilung zurückkommen.

Schon Berzelius<sup>1</sup> spricht sich über das Vorkommen von „Schleim“ im Harn aus, welchen er als eine Absonderung der Blasenschleimhaut ansieht. Zum Theil scheint der Schleim sich im Harne aufzulösen. Er zeigt, dass der Schleim schon innerhalb der Harnwege ausgeschieden vorkomme, da derselbe nach Sedimentirung in der Blase am reichlichsten in der zuerst gelassenen Harnportion vorkomme. Der auf dem Filter gesammelte und getrocknete Schleim wird durch Alkali gelöst. Durch Schwefelsäure wird er nicht gelöst. Zum Theil wird er durch Essigsäure oder Salzsäure gelöst. Diese Lösung wird durch Ferrocyanalkalium gefällt. Auf Grund dieser letzten Angabe möchte man schliessen, dass es nicht „Mucin“ im heutigen Sinne des Wortes gewesen wäre. So ungenügend diese Angaben, welche aus einer Zeit stammen, wo die Bearbeitung der Chemie der Mucinsubstanzen kaum begonnen war, auch sein mögen, so sind sie doch bis in die letzte Zeit hinein fast die einzigen, welche das Mucin berühren, das nebst Epithelzellen und anderem die Nubecula ausmacht.

In den Handbüchern der physiologischen Chemie<sup>2</sup> wird das ungelöste Mucin des Harns gar nicht oder nur ganz flüchtig erwähnt. Wenn einige Eigenschaften desselben angeführt werden, so sind es die Angaben von Berzelius, welche man wiederfindet.

Kühne<sup>3</sup> ist der einzige, bei welchem ich einige Angaben über die Natur des sogenannten Blasenschleimes gefunden habe. Er sagt: „Mucin oder eine in Natron lösliche, durch überschüssige Essigsäure

<sup>1</sup> Berzelius, *Lehrbuch d. Chemie*; übers. von F. Woehler. 3. Aufl. 1840. Bd. IX, S. 408.

<sup>2</sup> Siehe: Hoppe-Seyler, *Physiol. Chemie*. 1877. S. 893; — Gorup-Besanez, *Lehrbuch d. physiol. Chemie*. 1874. S. 612; — Gautier, *Chimie appliquée à la Physiologie*. 1874. Bd. II, S. 64, 125, 416; — Robin et Verdeil, *Traité de Chimie anatomique*. 1853. Bd. III, S. 850; — Halliburton, *A textbook of chemical Physiology and Pathology*. 1891. S. 758. — Laache, *Klinisk Urinanalyse*. 1893. S. 79; — Hammarsten, *Lärobok i fysiologisk kemi*. 1883. S. 447, 490, 553 und *Lehrbuch der physiologischen Chemie*. 1891. S. 277, 314, 357.

<sup>3</sup> W. Kühne, *Lehrbuch d. physiol. Chemie*. 1868. S. 466.

wieder fällbare Substanz ist noch nie darin nachgewiesen; der Filterrückstand oder besser die durch Abschlämmen mit Wasser auf grossen Uhrgläsern gesammelte Substanz zeigt dagegen alle Reactionen des Eiweisses deutlich, ebenso die filtrirte Natronlösung der Masse.“

Auch die Handbücher der Harnanalyse theilen über die Zusammensetzung des sogenannten Blaseschleimes nur wenig mit. In der Anleitung zur Analyse des Harns von Neubauer und Vogel, Aufl. 7 (1876) wird (S. 137) der im Harn ungelöste Schleim erwähnt; die Natur desselben wird nicht näher mitgetheilt.<sup>1</sup> In der folgenden, von Huppert bearbeiteten Auflage wird der Schleim nur bei Besprechung der organisirten Sedimente erwähnt, wo die Nubecula als aus Zellen bestehend beschrieben wird; die Gegenwart von Mucin in derselben wird nicht angeführt. Im Artikel „Mucin“ (S. 95) wird nur das im Harn aufgelöste sogenannte Mucin beschrieben. In der folgenden, ebenfalls von Huppert bearbeiteten Auflage (1890) ist die Beschreibung des ungelösten Mucins dieselbe (S. 371). Das im Harn aufgelöste sogenannte Mucin wird mucinähnliche Substanz genannt, und synonym heisst es in der Beschreibung „Nucleoalbumin“.

Salkowski und Leube<sup>2</sup> sagen: „Der Harn gesunder Menschen ist unmittelbar nach der Entleerung anscheinend völlig klar. Lässt man ihn indessen stehen, so bildet sich ein leichtes Wölkchen darin, oft in der Form eines rundlichen Ballens, der sich allmählich zu Boden senkt. Man bezeichnet diese Ausscheidung in der Regel als Blaseschleim, doch ist die Menge derselben im normalen Harn stets so gering, dass man über die chemische Natur dieser Substanz nichts Bestimmtes aussagen kann. Ohne Zweifel indessen sind diese Spuren von Schleim schon bei der Entleerung im Harn vorhanden, bilden sich nicht etwa durch eine Art von Gerinnung; nur die feine Vertheilung im Harn gleich nach der Entleerung hindert die Erkennung.“

In einem Aufsatz, betitelt „de la non-existence du mucus de l'urine“ verneint Méhu<sup>3</sup> die Gegenwart von Mucin im Harn, ohne jedoch triftige Gründe für diesen Ausspruch beizubringen.

Eine mehr eingehende Bearbeitung der Mucinfrage hat Malfatti<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ob die Eigenschaften des Mucins, welche kurz angeführt werden, einer Untersuchung des Harnmucins oder eines anderen Mucinpräparates entnommen sind, geht aus der Darstellung nicht deutlich hervor. Auf Grund meiner Kenntniss des Harnmucins scheint mir die letztere Annahme die richtige zu sein.

<sup>2</sup> Salkowski und Leube, *Die Lehre vom Harn*. 1882. S. 1.

<sup>3</sup> Méhu, *Journal de pharmacie et de chimie*. 1877. Ser. 4. Bd. XXV, S. 106.

<sup>4</sup> Malfatti, *Internationales Centralblatt f. d. Physiologie und Pathologie der Harn- und Sexualorgane*. Bd. I, S. 66 u. 429; Bd. III, S. 17.

geliefert. Er hat dabei theils eine im Harn aufgelöste Substanz untersucht, welche er als Mucin auffasst (ich werde im Folgenden auf diese Sache zurückkommen); theils hat er den unfiltrirten Harn mit Essigsäure versetzt und den entstandenen Niederschlag bearbeitet. Dabei ist also auch der ungelöste Schleim in die Untersuchung hineingezogen. Durch Lösen in Ammoniak und Wiederausfällen mit Essigsäure wurde die Substanz gereinigt. Seine Untersuchung ist darauf gerichtet, die Abspaltung einer reducirenden Substanz beim Kochen mit einer Mineralsäure darzulegen. Er fand diese Annahme bestätigt und schliesst daraus auf die Mucinnatur dieser Substanz. Dass jedoch dieser Schluss nicht bindend ist, da Chondroitinschwefelsäure und vielleicht auch Nucleinsäure durch Essigsäure fällbare Eiweissverbindungen geben können, die mit einer Mineralsäure gekocht eine reducirende Substanz abspalten, habe ich schon früher hervorgehoben.

Malfatti hat ferner beobachtet, dass aus dem Essigsäureniederschlage durch Alkali ein Körper abgespalten wurde, der als Kupferoxydverbindung gefällt werden konnte. Dieser Körper wirkte gar nicht oder nur schwach reducierend; nach dem Kochen mit einer Mineralsäure reducirte er aber reichlich die alkalische Kupferoxydlösung. Ebenso verhält sich auch ein Mucin; diese Eigenschaft kann jedoch auch von Chondroitinschwefelsäure oder Nucleinsäure herrühren und ist also dem Mucin nicht ausschliesslich eigen.

Uebrigens hat Malfatti weder eine Analyse noch eine eingehendere Untersuchung dieser Essigsäurefällung aus dem Harn ausgeführt.

---

Um das Sediment zu sammeln, habe ich bisweilen die durch Chloroform conservirten Harnproben filtrirt; bisweilen wurde die Nubecula durch Stehen zur Abscheidung gebracht. Der klare Harn wurde enthebert und das Sediment auf das Filtrum gesammelt. Die schleimige Belegung des Filtrums wurde in Chloroformwasser oder besser in Weingeist aufgehoben, bis das Sediment von 25 bis 250 Liter Harn angesammelt war. Das Sediment wurde dann in Wasser vertheilt und mit Ammoniak bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt; durch weiteren Zusatz von Ammoniak wurde die Reaction schwach alkalisch gehalten. Ausser der Mucinsubstanz geht dabei etwas Harnsäure in Lösung. Bisweilen scheint auch ein wenig Eiweiss in der Lösung vorzukommen. Nachdem die Mucinsubstanz aufgelöst war, wurde Kohlensäure in die (nicht filtrirte) Lösung (1 bis 1½ Liter) hineingeleitet, bis die Reaction schwach sauer war. Nachdem die Lösung einen oder zwei Tage in der Kälte gestanden hatte, wurde sie durch gutes Papier

klar filtrirt. Die Harnsäure wird dabei zum allergrössten Theile entfernt. Auch das Eiweiss kann dann ungelöst bleiben, so dass kein Eiweiss bei der fernerer Bearbeitung mit der Mucinsubstanz ausfällt.<sup>1</sup>

Die Lösung wird dann mit Essigsäure bis zu etwa 0.4 Procent versetzt. Gewöhnlich bleibt sie dann fortdauernd klar und enthält nur vereinzelte klare Schleimklümpchen; sie wird jedoch auffallend dickflüssig wie eine Gummilösung. Gewöhnlich findet sich nämlich eine hinreichende Menge von Salzen vor, um die Abscheidung der Mucinsubstanz zu verhindern. Um die Mucinsubstanz abzuschneiden, wird eine reichliche Menge Chloroform zugesetzt und mehrmals kräftig geschüttelt. Binnen Kurzem scheidet sich dann eine flockige, etwas klebrige Fällung aus. Diese wird am besten mittels der Centrifuge gesammelt und mit Essigsäure (0.2 bis 0.4 Procent), die mit Chloroform gesättigt ist, gewaschen. (Das Filtriren der Fällung geht langsam, und diese kann sich dabei wieder auflösen.)

In der Mutterlauge findet sich bisweilen viel von der Mucinsubstanz vor. Sie wird deshalb gesammelt und bearbeitet.

Die ausgeschiedene Mucinsubstanz wird dann in Wasser, oder in Wasser mit ganz wenig Ammoniak gelöst und noch einmal mit Essigsäure gefällt. Wenn die Mucinsubstanz noch etwas Harnsäure enthält, wird diese durch nochmaliges Auflösen und Füllen entfernt. Die Entfernung der Harnsäure bietet keine grossen Schwierigkeiten dar.<sup>2</sup>

Zuletzt wird die Mucinsubstanz mit Weingeist und dann mit Aether zerrieben und gewaschen und darnach über Schwefelsäure getrocknet. Sie wird dann als ein weisses oder ganz schwach gelbliches Pulver erhalten.

Diese Mucinsubstanz, welche dem ursprünglichen Harnmucoid am meisten entspricht, werde ich im Folgenden unter der Bezeichnung „durch Essigsäure ausgefällte Mucinsubstanz (das typische

<sup>1</sup> Versuche, die Harnsäure durch Dialyse der durch Natronlauge stärker alkalischen Lösung oder durch Auflösen der Mucinsubstanz in Salzsäure zu entfernen, sind nicht gut ausgefallen.

Versuche, das Eiweiss (Nucleoalbumin?) durch partielles Füllen mit Essigsäure oder durch Zusatz von Chlorammonium (um das Ausfallen der Mucinsubstanz zu verhindern) und Füllen mit Essigsäure zu entfernen, sind nicht gelungen. Wenn es nicht gelingt, in obiger Weise das durch Essigsäure fällbare Eiweiss zu entfernen, kann die Mucinsubstanz durch eine Spur von Eiweiss verunreinigt werden. Wenn man dieses Eiweiss in der Weise zu entfernen sucht, dass man die Mucinsubstanz in kochendem Wasser löst, kann die Mucinsubstanz in einigen Eigenschaften verändert werden.

<sup>2</sup> Um auf Harnsäure zu prüfen, wurde die Lösung der Substanz mit Salzsäure in Ueberschuss versetzt und einige Tage in der Kälte aufbewahrt.

HarnmucoId) schildern. Diese kann in Wasser löslich sein und ist wesentlich dieselbe als die aus der Mutterlauge erhaltene Mucinsubstanz. Da dies indessen nicht von vornherein ersichtlich ist, ziehe ich es vor, jede derselben besonders zu besprechen.

Die Filtrate von der eben angeführten Mucinsubstanz werden bei neutraler Reaction auf dem Wasserbade vorsichtig eingeeengt und dann mit Weingeist bei schwach saurer Reaction gefällt. Bisweilen wird dann eine nur geringfügige Fällung erhalten, bisweilen findet sich die Hauptmenge der Mucinsubstanz in dieser Fällung vor. Dies scheint wenigstens zum Theil von der Menge der gegenwärtigen Salze abzuhängen.

Der Niederschlag wird in Wasser gelöst und die Hauptmasse der Salze durch Dialyse bei schwach saurer Reaction entfernt. Die Substanz wird dann durch Weingeist gefällt. Wenn die Lösung salzarm ist, entsteht nach Zusatz des Weingeistes nur eine Trübung; nach Zusatz von einer geringen Menge Kochsalzlösung entsteht dann ein flockiger Niederschlag. Dieser wird nochmals in Wasser gelöst, durch Weingeist gefällt, zuletzt mit Aether behandelt und über Schwefelsäure getrocknet. Es wird so ein weisses oder schwach gelbliches Pulver erhalten.

Obgleich diese Mucinsubstanz wesentlich mit der oben angeführten übereinstimmt, und obgleich auch diese durch Essigsäure gefällt werden kann, will ich aus angeführten Gründen diese Mucinsubstanz unter der Bezeichnung „In Wasser lösliche Mucinsubstanz“ besonders schildern.

Die durch Essigsäure gefällte Mucinsubstanz  
aus der Nubecula des Harns. (Das typische HarnmucoId.)

Diese Mucinsubstanz betrachte ich als das typische HarnmucoId. Die Löslichkeit derselben war nicht immer die gleiche. Bisweilen war sie in destillirtem Wasser löslich; die Reaction der Lösung war schwach sauer. Bisweilen wurde sie nicht von Wasser gelöst; bei kurz dauern- dem Erwärmen quoll sie dann auf, löste sich aber nicht. Durch Zusatz von einer Spur Ammoniak oder Lauge wurde sie leicht in Wasser gelöst; auch in diesem Falle konnte die Lösung bei saurer Reaction stattfinden. Auch durch Zusatz von Natriumacetat wurde sie leicht in Lösung gebracht.

Vielleicht ist die Asche nicht ohne Einfluss auf die Löslichkeit der Substanz, und da ich sie nie völlig aschenfrei erhalten habe, kann ich nicht sagen, ob sie auch als aschenfrei löslich ist. Die Menge der

Asche ist aber gering gewesen, und einige Präparate, welche nicht mehr als 0.3 und 0.4 Procent Asche enthielten, waren in Wasser löslich; andererseits waren Präparate mit 0.5 bis 1.0 Procent Asche in Wasser unlöslich.

Einen Beweis, dass die Salze nicht das einzige und wahrscheinlich nicht das hauptsächlichste Moment sind, welches die Löslichkeit in Wasser beeinflusst, habe ich darin gefunden, dass ein frisch bereitetes und getrocknetes Präparat in Wasser löslich war; am folgenden Tage war es aber nicht in Wasser löslich; auch im warmen Wasser war es nicht löslich; bei Zusatz von Ammoniak wurde es leicht bei neutraler Reaction gelöst. Es geht aus dieser Beobachtung hervor, dass die verschiedene Löslichkeit in Wasser keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Präparaten ausmacht. Ich werde später auf die Deutung derselben zurückkommen.

Die Lösung ist klar, gewöhnlich schwach gelb. Sie kann leicht filtrirt werden. Sie ist nicht dickflüssig; noch weniger ist sie schleimig oder fadenziehend.

Dieses Mucoid giebt die Farbenreactionen der Eiweisstoffe. Die Biuretprobe und die Xantoproteinprobe geben positiven Ausschlag. Das Reagens von Millon giebt einen Niederschlag, der beim Kochen roth wird; die Flüssigkeit bleibt ungefärbt. Bei der Reaction von Adamkiewicz mit concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure wird beim Erwärmen eine rosenrothe Farbe erhalten.

Bei Zusatz von Essigsäure zur Lösung in destillirtem Wasser oder zu der mit ein wenig Ammoniak oder Lauge bereiteten Lösung entsteht ein Niederschlag. Wenn eine hinreichende Menge Salz zugesetzt oder beim Zusatz der Essigsäure gebildet wird, kann die Fällung ausbleiben. Die Flüssigkeit kann dann dasselbe Aussehen darbieten, welches bei der Darstellung der Substanz beobachtet wurde, d. h. sie kann klar bleiben, aber etwas dickflüssig werden. Beim Schütteln mit Chloroform wird dann eine flockige, etwas klebrige Fällung abgeschieden. Durch die Gegenwart von Salzen (Kochsalz, Chlorammonium) kann auch die Abscheidung durch Essigsäure und Chloroform erschwert oder verhindert werden; wenn eine Fällung eintritt, wird sie erst durch Zusatz von mehr Essigsäure hervorgerufen.

In einem Ueberschuss von Essigsäure kann die Fällung ohne Schwierigkeit aufgelöst werden. Die zur Lösung nöthige Menge der Essigsäure war etwas schwankend: in einem Versuch (Mucoidgehalt der Lösung = 0.82 Procent) war ein Zusatz von Essigsäure bis zu etwa 2.5 Procent nöthig; in einem anderen Versuch (Mucoidgehalt der Lösung = 1 Procent) wurde der Niederschlag erst bei einem Gehalt von



etwa 5-5 Procent Essigsäure gelöst. Das Harnmucoïd ist also in überschüssiger Essigsäure nicht besonders schwer löslich. Es ist darin viel leichter löslich als einige andere Mucinsubstanzen (wie das Submaxillarmucin und das Sehnenmucin).

Eine für die Mucinsubstanzen gemeinsame Eigenschaft ist die Abspaltung eines reducirenden Körpers beim Erwärmen mit einer Mineralsäure. Diese Eigenschaft kommt auch dem Harnmucoïd zu. Zu bemerken ist jedoch, dass das Mucoïd selbst gegen die alkalische Kupferoxydlösung nicht völlig indifferent ist. Wird eine Lösung des (harnsäurefreien) Mucoïds (etwa 1 Procent) mit einer Kupferoxydlösung, welche einen mässigen Ueberschuss an Alkali enthält, in dem Wasserbade erwärmt, so wird zuerst (binnen etwa 5 Minuten) keine Veränderung wahrgenommen; dann tritt allmählich eine schwache Reduction ein, und ein geringer Niederschlag von missfarbigem (durch Schwefelkupfer) Kupferoxydul setzt sich ab. Je grösser der Ueberschuss an Alkali ist, desto leichter scheint diese Reduction einzutreten.

Wird die Lösung des Harnmucoids mit einigen Procenten Salzsäure versetzt und auf dem Wasserbade erwärmt, so wird sie allmählich braunviolett gefärbt. Mit einer alkalischen Kupferoxydlösung giebt es dann viel leichter eine Reduction, und eine bedeutend reichlichere Menge von Kupferoxydul wird ausgeschieden. Die Reduction tritt jedoch lange nicht so rasch auf, als sie es in einer Traubenzuckerlösung thut.

Als eine Begrenzung der Mucinsubstanzgruppe habe ich oben angeführt, dass diese Stoffe keine Eiweissverbindungen der Chondroitinschwefelsäure oder der Nucleinsäure sind.

Auf Chondroitinschwefelsäure habe ich durch Prüfung untersucht, ob Schwefelsäure beim Erwärmen mit Salzsäure abgespalten wird. Die Mucoïdlösung wurde bei neutraler Reaction oder bei Gegenwart von einem geringen Ueberschuss an Salzsäure durch Chlorbaryum auf Schwefelsäure geprüft.<sup>1</sup> Die klare Lösung wurde dann mit mehr Salzsäure versetzt und auf dem Wasserbade einige Stunden lang erwärmt. Die Lösung wurde dann mit Ammoniak beinahe neutralisirt. Der Niederschlag wurde auf dem Filter gesammelt, mit Wasser und dann mit verdünntem Ammoniak (um ausgefällte organische Stoffe möglichst zu lösen) gewaschen. Das Filtrum wurde dann verascht. Die Asche wurde mit reinem Natriumcarbonat geglüht, die Schmelze mit Wasser ausgelaugt und diese Lösung auf Schwefelsäure geprüft. Der Ausschlag

---

<sup>1</sup> Durch Zusatz von einigen Tropfen einer Gypslösung habe ich mich überzeugt, dass die Fällung des Baryumsulfats durch das Mucoïd nicht verhindert wird.

war bisweilen völlig negativ. Bisweilen wurde eine schwache Trübung erhalten; diese kann wohl daraus erklärt werden, dass die Substanz selbst reich an Schwefel ist, von welchem vielleicht etwas in der Fällung enthalten war, vielleicht kann auch eine Spur präformirter Schwefelsäure darin vorkommen. Bei einem quantitativen Versuche wurde aus 0.2079 g des Mucoids 0.29 mg Schwefel erhalten; wenn man die Fehlerquellen berücksichtigt, ist dies nicht als Zeichen der Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure zu deuten.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass die Substanz keine Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure ist.

Auf die Gegenwart von Nucleinsäure habe ich durch Prüfung der Asche auf Phosphor untersucht.

In zwei Versuchen wurde diese Prüfung mit der quantitativen Bestimmung des Schwefels verbunden; die Substanz wurde mit Kaliumhydrat und Salpeter verbrannt; das Filtrat vom Baryumsulfat wurde auf Phosphorsäure geprüft. In einem Versuche (0.8054 g Mucoid) wurde dieses Filtrat mit Ammoniak versetzt und erwärmt. Der entstandene geringe Niederschlag wurde gesammelt, in ein wenig Salpetersäure gelöst und mit Molybdenflüssigkeit geprüft; es wurde eine kaum wahrnehmbare Fällung erhalten.

Im anderen Versuche (0.7241 g Mucoid) wurde das Filtrat mit Eisenchlorid versetzt, mit Soda neutralisirt und nach Zusatz von Natriumacetat aufgeköcht. Der Eisenniederschlag wurde gewaschen, in Salzsäure gelöst und abgedampft; der Rückstand wurde mit einem Tropfen Salzsäure gelöst und mit Molybdenflüssigkeit geprüft. Der Ausschlag war negativ.

Auch einige andere Präparate habe ich mit negativem Ergebniss auf Phosphor geprüft.

Es ist also einleuchtend, dass die Substanz keine Nucleinsäureverbindung des Eiweisses ausmacht.

In einigen Präparaten wurde ein wenig Phosphor aufgefunden. Da es mir nicht immer gelang, die Substanz völlig eiweissfrei zu erhalten, ist es möglich, dass in diesen Fällen etwas Nucleoalbumin zugegen war. Ich muss aber diese Frage unentschieden lassen.

Aus dem oben Mitgetheilten geht hervor, dass ein Proteinstoff vorliegt, aus welchem eine reducirende Substanz durch Kochen mit Salzsäure abgespalten wird. Dieser Proteinstoff ist keine Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure oder der Nucleinsäure. Schon aus diesen Gründen kann man diesen Proteinstoff als eine Mucinsubstanz bezeichnen. Die Fällbarkeit und die Löslichkeit desselben sprechen nicht dagegen.

Durch sein Verhalten gegen einige eiweissfällende Reagentien und durch seine Zusammensetzung wird dieser Proteinstoff noch weiter als eine Mucinsubstanz gekennzeichnet.

Wenn die durch Essigsäure gefällte Substanz in Wasser oder Wasser mit etwas Salz gelöst wurde, konnte diese schwach saure Lösung aufgekocht werden, ohne sich zu trüben. Auch nach Zusatz einer gesättigten Kochsalzlösung entstand keine Trübung. Wurde dagegen ein wenig Blutserum zugesetzt, so trat beim Kochen starke Trübung ein.

Die Lösung des Mucoids in Wasser oder in Wasser mit ganz wenig Ammoniak, Kalilauge oder einem Salze wird ebenso wie von Essigsäure, auch von anderen Säuren gefällt. Der Niederschlag ist in einem Ueberschuss von Salzsäure oder Salpetersäure leicht löslich. Ein weiterer Ueberschuss von diesen Säuren ruft keine Fällung hervor.

Wenn Salpetersäure, wie bei der Eiweissprobe nach Heller, unter die Lösung geschichtet wird, tritt an der Berührungsfläche der Flüssigkeiten keine Fällung auf. Einige Millimeter höher tritt ein Niederschlag auf, der allmählich verschwindet, wenn die Säure dahin diffundirt. Die Lösung des Mucoids in Essigsäure giebt bei dieser Probe gar keine Trübung.

Wenn aber die Lösung mit etwas Eiweiss (zu einigen Procenten von dem Mucoid) versetzt wird, so giebt diese Probe mit Salpetersäure die gewöhnliche scharfe Trübung an der Berührungsstelle der Flüssigkeiten.

Durch Metaphosphorsäure, Trichloressigsäure, Sulfosalicylsäure, Pikrinsäure, Pikrinsäure mit Citronensäure (Reagens von Esbach) kann das Mucoid wie durch Essigsäure gefällt werden. Der Niederschlag ist in einem Ueberschuss löslich. Bei einem grösseren Ueberschuss des Reagens entsteht (im Gegensatz zum Verhalten der Eiweisskörper) keine Fällung.

Die Lösung des Mucoids in Essigsäure giebt mit den genannten Reagentien keine Trübung. Zugewetztes Eiweiss giebt dagegen leicht einen Niederschlag.

Die Lösung des Mucoids in Essigsäure oder in ein wenig Salzsäure wird durch Ferrocyankalium nicht getrübt, gleichviel ob eine ganz geringe oder eine grössere Menge des Reagens zugesetzt wird. Zugewetztes Eiweiss ist aber leicht wiederzufinden.

Die mit einem geringen Ueberschuss von Essigsäure bereitete Lösung wurde nicht durch Chondroitinschwefelsäure gefällt.<sup>1</sup> Zugewetztes Eiweiss gab dagegen eine Fällung.

---

<sup>1</sup> Bei Gegenwart von viel Essigsäure habe ich durch Chondroitinschwefelsäure eine Fällung erhalten, die im Ueberschuss der Säure löslich war.

Durch Chondroitinschwefelsäure kann die Fällung des Mucoids durch Essigsäure verhindert werden. Zum Versuche wurde eine neutrale, mit ein wenig Ammoniak bereitete Lösung des Mucoids verwendet. Wenn diese Lösung zu einer Essigsäure von 0.2 Procent gesetzt wurde, so entstand eine reichliche flockige Fällung. War dagegen die Essigsäure mit etwas Chondroitinschwefelsäure versetzt, so blieb die Mischung klar. Dieses war auch der Fall bei der Gegenwart von nur ganz wenig Chondroitinschwefelsäure. Eine solche klare Lösung wurde mit Chloroform geschüttelt und filtrirt. Das Filtrum wurde mit Essigsäure von 0.2 Procent (die mit Chloroform gesättigt war) gewaschen. Das Chloroform wurde durch Weingeist entfernt. Auf dem Filtrat fand sich ein kaum sichtbarer Rückstand, welcher beim Kochen mit Millon's Reagens eine äusserst schwache Färbung annahm. Das Filtrat gab dagegen beim Kochen mit Millon's Reagens einen reichlichen Niederschlag, der beim Kochen roth wurde.

Die Gegenwart der Chondroitinschwefelsäure hatte also fast vollständig die Abscheidung des Mucoids durch Essigsäure und Chloroform verhindert.

Diese Beobachtung ist für die in den folgenden Abtheilungen mitzutheilenden Untersuchungen von Bedeutung, da sie zeigt, dass die Chondroitinschwefelsäure die Abscheidung des durch Essigsäure fällbaren Mucoids gar nicht befördert, sondern dass sie im Gegentheil das Ausfällen des Mucoids verhindert.

Die Lösung des Mucoids in Wasser oder mit einer Spur von Ammoniak wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium nicht getrübt. Ebenso wenig wurde die Lösung in Essigsäure gefällt. Zugewetztes Eiweiss gab dagegen eine Fällung. Da die essigsäurehaltige Lösung von einigen Präparaten durch Quecksilberjodid-Jodkalium schwach getrübt wurde, betrachte ich dies als ein Zeichen, dass sie nicht völlig frei von Eiweiss waren.

Die Lösung des Mucoids in einem geringen Ueberschuss von Salzsäure verhielt sich in einzelnen Fällen gegen Quecksilberjodid-Jodkalium verschieden. Bisweilen wurde eine Fällung erhalten (ohne dass die übrigen eiweissfällenden Reagentien eine Trübung hervorriefen); in anderen Fällen wurde die Lösung nicht getrübt. Ich werde unten, bei Besprechung der Veränderung des Mucoids durch Erhitzen, auf diesen Umstand zurückkommen.

Durch Jod-Jodkalium wurde die wässrige Lösung nicht getrübt. Ebenso verhält sich die Lösung in Essigsäure; ein wenig Eiweiss brachte aber Fällung hervor. Die Lösung in Salzsäure wurde durch das Reagens stets reichlich gefällt.

Phosphorwolframsäure nebst Salzsäure giebt eine reichliche, flockige Fällung.

Mit Gerbsäure giebt die salzarme Lösung eine nur unbedeutende Fällung; nach Zusatz von etwas Kochsalz wird eine reichliche Fällung erhalten. Die Lösung in Essigsäure wird durch Gerbsäure reichlich gefällt.

Die Mehrzahl der geprüften Metallsalze verhielt sich negativ. Kupfersulfat, Silbernitrat, Eisenchlorid, Alaun, neutrales Bleiacetat gaben keine Fällung. Ebenso verhielt sich das Sublimat; in der salzsäurehaltigen Lösung gab Sublimat keine Fällung, auch dann nicht, wenn etwas Kochsalz zugesetzt wurde.

Basisches Bleiacetat gab einen starken Niederschlag, der in einem Ueberschuss des Fällungsmittels schwer löslich war.

Durch Sättigen mit Kochsalz wurde das Mucoid nicht gefällt, auch nicht in der Wärme.

Durch Eintragen von Magnesiumsulfat entstand eine reichliche Fällung.

Zusatz von mehreren Volumen einer neutralen gesättigten Ammoniumsulfatlösung bewirkte eine reichliche Fällung.

Wenn eine neutrale, mit etwas Ammoniak bereitete Lösung der Substanz normalem, saurem Harn zugesetzt wurde, entstand keine Trübung, wie auch die relativen Mengen der Flüssigkeiten abgemessen wurden.

Die neutrale Lösung des Mucoids wurde einem normalen Harn zugesetzt, der während eines Tages dialysirt (er enthielt dann eine geringe Menge von Chloriden und eine nicht unbedeutende Menge von Phosphaten) und dann durch Zusatz von Essigsäure bis zu 0.15 Procent und Schütteln mit Chloroform (siehe folgende Abtheilung) gefällt worden war. Dabei entstand keine Trübung. Die Lösung wurde dann mit Chloroform geschüttelt; dabei wurde ein geringer Theil des Mucoids ausgefällt.

Mit  $\alpha$ -Naphтол und concentrirter Schwefelsäure wurde vorübergehend eine Rothfärbung erhalten; eine violette Farbe (wie von Zucker) wurde nicht beobachtet.

Die Lösung war ziemlich stark linksdrehend. Die spezifische Drehung wurde in der Lösung von drei verschiedenen Präparaten bestimmt, wobei folgende Werthe erhalten wurden. Ein in Wasser lösliches Mucoid (Concentration der Lösung = 0.82 Procent) gab  $\alpha_D = -62^\circ$ . Ein in Wasser nicht lösliches Präparat, durch Ammoniak bei neutraler Reaction gelöst (Concentration der Lösung = 1.2 Procent) gab  $\alpha_D = -67.1^\circ$ . Ein in Wasser unlösliches Präparat, durch etwas Kalilauge gelöst

(Concentration der Lösung = 1.50 Procent) gab  $\alpha_D = -63.7^\circ$ . Der Unterschied der Werthe liegt ausserhalb der Beobachtungsfehler. Es ist auch wohl erklärlich, dass die Drehung nicht constant ist; durch Erhitzen der Lösung wird sie nämlich leicht verändert, wie ich dies unten näher besprechen werde.

Wenn eine Lösung des Mucoids in Essigsäure mit einer Lösung von verdünntem Blutserum in Essigsäure (0.2 Procent) übergeschichtet wird, kann eine Trübung entstehen. Das Mucoid scheint also schwach eiweissfällend wirken zu können.

Fünf verschiedene Präparate dieses Mucoids habe ich elementar-analystisch untersucht. Zur Analyse wurde die Substanz bei  $110^\circ$  getrocknet. Die Bestimmungen des Kohlenstoffs und Stickstoffs geschahen gleichzeitig nach der Methode von Frankland-Klingemann in der Weise, welche ich beschrieben habe.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Svensk kemisk tidskrift*. 1894. Bd. VI, S. 125—137. — Klingemann (*Annalen d. Chemie*. 1893. Bd. CCLXXV, S. 92—102) hat nachgewiesen, dass die Methode von Frankland zur gleichzeitigen Bestimmung von Kohlenstoff und Stickstoff auch bei der gewöhnlichen organischen Analyse brauchbar ist. Die Verbrennung wird mit Kupferoxyd und vorliegendem körnigem Kupferoxyd und metallischem Kupfer nach Auspumpen der Luft ausgeführt. Die Verbrennungsgase werden ausgepumpt. Das Gasvolumen wird gemessen, die Kohlensäure absorbirt und das rückständige Gas als Stickstoff berechnet.

Bei Ausführung der Methode habe ich einige Abänderungen vorgenommen. Da es mir nicht immer gelang, durch metallisches Kupfer das Stickoxyd zu entfernen, habe ich das metallische Kupfer weggelassen und eine besondere Bestimmung des Stickoxydes ausgeführt. Um das Auspumpen der Luft zu erleichtern, habe ich das pulverige Kupferoxyd vor der Zumischung der Substanz mit einigen Tropfen Wasser angefeuchtet. Beim Auspumpen wurde das Verbrennungsrohr zuletzt mit kochendem Wasser umgeben.

Der Gang der Gasanalyse war folgender: 1) Das Gasvolumen wurde bestimmt. 2) Die Kohlensäure wurde absorbirt. 3) Ein hinreichendes Volumen Sauerstoff wurde abgemessen. 4) Der Sauerstoff und das Gas wurden über etwas Wasser gemischt und dann das Volumen bestimmt. Aus der Contraction lässt sich das Stickoxyd berechnen. 5) Es wird etwas Wasserstoff abgemessen und zugesetzt. 6) Verpuffung und Messen des Volumens. 7) Die gebildete Kohlensäure wird absorbirt und das Volumen gemessen. Durch 6) und 7) werden Kohlenoxyd, welches immer in geringer Menge zugegen ist, und Wasserstoff nebst Kohlenwasserstoff, die sich bisweilen in nicht zu vernachlässigender Menge vorfinden, entfernt und bestimmt. 8) Es wird ein Ueberschuss an Wasserstoff zugesetzt und das Volumen gemessen. 9) Nach dem Verpuffen wird das Volumen bestimmt. Man kann in dieser Weise die verschiedenen Bestandtheile der Verbrennungsgase bestimmen, und die Genauigkeit der Gasanalyse lässt sich controlliren.

Zur Gasanalyse habe ich den Apparat von Frankland benutzt. Mit demselben kann man ebensowohl kleine als grössere Gasvolumina messen. Der Messungsfehler kann 0.01 bis 0.02 <sup>ccm</sup> betragen.

Zur Schwefelbestimmung wurde die Substanz mit Kalihydrat unter Zusatz von Salpeter verbrannt und die Schwefelsäure in gewöhnlicher Weise bestimmt.

Präparat I. Das Mucoïd war nicht löslich in destillirtem Wasser. Die Prüfung auf Phosphor gab nur eine minimale Spur desselben an. Der Gehalt an Asche betrug 1 Procent.

Die Bestimmung des Stickstoffes geschah nach Kjeldahl-Wilfarth. Das Ammoniak aus 0.1205 g (aschefreier) Substanz sättigte 10.8 <sup>ccm</sup> N/10-Schwefelsäure, was 12.56 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Schwefelbestimmung wurden aus 0.2275 g (aschefreier) Substanz 37 <sup>mg</sup> Baryumsulfat erhalten, was 2.23 Procent Schwefel entspricht.

Präparat II. Das Mucoïd löste sich nicht im destillirten Wasser. Die Prüfung auf Phosphor gab nur eine minimale Spur desselben an. Der Aschengehalt war geringer als 0.2 Procent.

Der Kohlenstoff und der Stickstoff wurden in oben angegebener Weise nach Frankland-Klingemann bestimmt. In einer Bestimmung (76.9 <sup>mg</sup> Substanz) verunglückte die Stickstoffbestimmung; das Volumen<sup>1</sup> der Kohlensäure war 69.10 <sup>ccm</sup>, 37.28 <sup>mg</sup> Kohlenstoff, oder 48.47 Procent Kohlenstoff entsprechend.

In einer zweiten Analyse (86.8 <sup>mg</sup> Substanz) erhielt ich 78.46 <sup>ccm</sup> Kohlensäure, 48.84 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8.69 <sup>ccm</sup> Stickstoff (N<sub>2</sub> = 6.22 <sup>ccm</sup>; NO/2 = 2.47 <sup>ccm</sup>), was 12.60 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel der beiden Kohlenstoffbestimmungen wird also 48.65 Procent.

Die Bestimmung des Schwefels (0.8054 g des Mucoïds) gab 134.4 <sup>mg</sup> Baryumsulfat, was 2.29 Procent Schwefel entspricht.

Präparat III. Frisch bereitet und getrocknet war das Mucoïd leicht löslich im destillirten Wasser; am folgenden Tage war es in Wasser unlöslich, löste sich aber leicht bei Zusatz von etwas Natriumacetat oder Ammoniak. Gegen die oben angegebenen eiweissfällenden Reagentien verhielt sich die Lösung negativ. Quecksilberjodid-Jodkalium gab in der

---

Durch besondere Versuche habe ich mich überzeugt, dass ein Vorkommen von Schwefeldioxyd unter den Verbrennungsgasen nicht zu befürchten war.

Bei Analyse von Rohrzucker, Hippursäure, Acetanilid, Harnstoff, Taurin und Thiosinamin habe ich befriedigende Resultate erhalten.

Die Gasanalyse ist zwar etwas umständlich. Die Methode bietet jedoch einige Vortheile dar. Die Fehler der Stickstoffbestimmung, welche sonst entstehen können, werden beseitigt. Ein Vortheil, welcher sich bei diesen Untersuchungen, wo das Anschaffen des Materials zeitraubend war, als sehr werthvoll erwies, liegt im geringen Verbrauch an Substanz. Die grösste Substanzmenge, welche ich mit Hinsicht auf die Grösse des Gasanalyseapparates zu einer Analyse gebrauchen konnte, war etwa 0.1 g, aber schon die Hälfte dieser Menge ist zu einer Analyse hinreichend. Der Verbrauch an Substanz ist also gering, und man erhält dennoch eine gute Bestimmung sowohl des Kohlenstoffes als des Stickstoffes.

<sup>1</sup> Die Angaben über die Gasvolumina beziehen sich natürlich auf 0° und 760<sup>mm</sup>.

salzsäurehaltigen Lösung eine geringe Trübung. Der Aschengehalt war 0.4 Procent.

Bei der Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes ( $96.2 \text{ mg}$  des Mucoids) fand ich  $88.12 \text{ ccm}$  Kohlensäure, was 49.41 Procent Kohlenstoff entspricht, und  $9.74 \text{ ccm}$  Stickstoff ( $N_2 = 8.87 \text{ ccm}$ ;  $NO/2 = 0.87 \text{ ccm}$ ), was 12.73 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat IV. Das Mucoid löste sich nicht in destillirtem Wasser. Es verhielt sich negativ gegen die oben angegebenen eiweissfällenden Reagentien. Die Prüfung mit Quecksilberjodid-Jodkalium in salzsaurer Lösung wurde nicht ausgeführt. Der Aschengehalt war 1.2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes ( $92.1 \text{ mg}$  des Mucoids) gab  $85.40 \text{ ccm}$  Kohlensäure, was 50.02 Procent Kohlenstoff entspricht, und  $9.53 \text{ ccm}$  Stickstoff ( $N_2 = 8.67 \text{ ccm}$ ;  $NO/2 = 0.86 \text{ ccm}$ ), was 13.01 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat V. Das Mucoid war nicht löslich in destillirtem Wasser; durch Zusatz von Natriumacetat oder Kalilauge wurde es leicht gelöst. Die Lösung verhielt sich nicht völlig negativ bei Zusatz von einigen der eiweissfällenden Reagentien. Die essigsäurehaltige Lösung wurde nämlich durch Quecksilberjodid-Jodkalium und durch Esbach's Reagens getrübt. Die übrigen Reagentien gaben einen negativen Ausschlag. Die salzsäurehaltige Lösung wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt. Das Mucoid scheint eine Spur von Eiweiss enthalten zu haben. Die Prüfung auf Phosphor gab ein völlig negatives Resultat. Der Aschengehalt war 0.5 Procent.

Eine Bestimmung des Stickstoffes und Kohlenstoffes ( $98.0 \text{ mg}$  des Mucoids) gab  $89.61 \text{ ccm}$  Kohlensäure, 49.32 Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $9.87 \text{ ccm}$  Stickstoff ( $N_2 = 9.16 \text{ ccm}$ ;  $NO/2 = 0.71 \text{ ccm}$ ), was 12.66 Procent Stickstoff entspricht.

Eine zweite Bestimmung ( $107.0 \text{ mg}$  des Mucoids) gab  $98.57 \text{ ccm}$  Kohlensäure, 49.69 Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $10.98 \text{ ccm}$  Stickstoff ( $N_2 = 10.46 \text{ ccm}$ ;  $NO/2 = 0.52 \text{ ccm}$ ), was 12.90 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel dieser Bestimmungen giebt 49.50 Procent Kohlenstoff und 12.78 Procent Stickstoff.

Die Schwefelbestimmung ( $0.7241 \text{ g}$  des Mucoids) gab  $126 \text{ mg}$  Baryumsulfat, 2.39 Procent Schwefel entsprechend.

Die Zusammenstellung dieser Analysen ist in der folgenden Tabelle enthalten.<sup>1</sup>

	Präp. I.	Präp. II.	Präp. III.	Präp. IV.	Präp. V.
	%	%	%	%	%
Kohlenstoff .	—	48.65	49.41	50.02	49.50
Stickstoff . .	12.56	12.60	12.73	13.01	12.78
Schwefel . .	2.23	2.29	—	—	2.39

<sup>1</sup> Die Werthe beziehen sich auf das aschenfreie Mucoid.



Scheinbar differiren diese Präparate des Mucoids etwas in ihrer Zusammensetzung.

Dieser Unterschied lässt sich jedoch durch einen verschiedenen Wassergehalt erklären; ich werde im Folgenden, beim Besprechen der Veränderungen des Mucoids bei Erhitzen, auf diese Frage zurückkehren. Wenn man das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff berechnet, so erhält man die folgenden Zahlen: für das Präparat II  $N:C=1:3.86$ ; für das Präparat III  $N:C=1:3.88$ ; für das Präparat IV  $N:C=1:3.84$ ; für das Präparat V  $N:C=1:3.87$ . Diese Uebereinstimmung berechtigt es, den Unterschied in der Zusammensetzung auf einen verschiedenen Wassergehalt zurückzuführen. (Für das Serumalbumin wird dieses Verhältniss des in gleicher Weise bestimmten Stickstoffes zum Kohlenstoffe  $N:C=1:3.33$ .)

Grund dessen scheint es mir völlig berechtigt, das Mittel der Analysezahlen als einen Ausdruck für die Zusammensetzung des Harnmucoids, wie die Substanz wohl am geeignetsten genannt wird, aufzustellen, obgleich in einzelnen Fällen die Zahlen durch einen verschiedenen Wassergehalt etwas höher oder niedriger ausfallen können.

Die mittlere Zusammensetzung des Harnmucoids wird also  $C=49.40$  Procent;  $N=12.74$  Procent;  $S=2.30$  Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist  $N:C=1:3.86$ .

Diese Zahlen liegen innerhalb der Grenzen, welche man übrigens für die Mucingruppe gefunden hat.

In der folgenden Tabelle werden diese Zahlen mit den Analysen einiger anderer der am besten als chemische Individuen charakterisirten Mucinsubstanzen zusammengestellt.

	Kohlen- stoff %	Wasser- stoff %	Stickstoff %	Schwefel %	Sauerstoff %	
Harnmucoid . . .	49.40	—	12.74	2.30	—	
Schneckenmucin <sup>1</sup> . .	50.32	6.84	13.65	1.75	27.44	Hammarsten.
Sehnemucin <sup>1</sup> . . .	48.30	6.44	11.75	0.81	32.70	Loebisch.
Submaxillarmucin <sup>1</sup>	48.84	6.80	12.32	0.84	31.20	Hammarsten.
Ovomucoid <sup>2</sup> . . .	—	—	12.65	2.20	—	C. Th. Mörner.
„ <sup>3</sup> . . .	49.39	—	13.12	—	—	

<sup>1</sup> Hammarsten, *Lehrbuch d. physiol. Chemie.* 1891. S. 27.

<sup>2</sup> C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1894. Bd. XVIII, S. 525.

<sup>3</sup> Die Bestimmungen von mir ausgeführt.

Auffallend ist die Uebereinstimmung des Harnmucoïds mit dem Ovomucoïd. Für dieses hat jedoch C. Th. Mörner keine Kohlenstoffbestimmung mitgetheilt. Um in dieser Hinsicht einen Vergleich zu erhalten, habe ich ein Präparat von Ovomucoïd dargestellt und die Analyse desselben nach der Methode ausgeführt, welche ich für das Harnmucoïd verwendet habe.

Die Darstellung des Ovomucoïds geschah nach C. Th. Mörner. Hühnereiweiss wurde in gewöhnlicher Weise unter Zusatz von Essigsäure durch Kochen coagulirt. Das Filtrat, welches mit Salpetersäure keine Trübung gab, wurde auf dem Wasserbade eingeengt und mit Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit Weingeist gewaschen und getrocknet. Der Aschengehalt, nach Abrechnung der Schwefelsäure der Asche, betrug 3.0 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes ( $89.6^{ms}$  aschenfreier Substanz) gab  $81.68^{cem}$  Kohlensäure, 49.28 Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $9.40^{cem}$  Stickstoff ( $N_2 = 8.04^{cem}$ ;  $NO/2 = 1.36^{cem}$ ), was 13.18 Procent Stickstoff giebt.

Um mich zu versichern, dass das Ovomucoïd nicht durch Pepton oder Albumosen verunreinigt war, wurde die Lösung desselben andauernd dialysirt und dann mit Weingeist unter Zusatz von etwas Kochsalz gefällt. Der Aschengehalt des Präparates war 1.2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes ( $100.0^{ms}$  des Ovomucoïds) gab  $91.73^{cem}$  Kohlensäure, 49.50 Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $10.40^{cem}$  Stickstoff ( $N_2 = 9.88^{cem}$ ;  $NO/2 = 0.52^{cem}$ ), was 13.06 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel dieser beiden Analysen ist 49.39 Procent Kohlenstoff und 13.12 Procent Stickstoff, welche Ziffern in der Tabelle aufgeführt wurden.

Die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung des Ovomucoïds und des Harnmucoïds ist auffallend. Beide enthalten viel Schwefel, und in beiden findet sich derselbe zum grossen Theil als sogenannter bleischwäzender Schwefel vor.

Auch die qualitativen Reactionen der beiden Mucoïde stimmen in vielen Punkten überein.

Zu einer alkalischen Lösung von Kupferoxyd verhielten sie sich ganz übereinstimmend sowohl vor als nach dem Erhitzen mit Salzsäure.

Zu den eiweissfällenden Reagentien (Phosphorwolframsäure, Gerbsäure, Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Esbach's Reagens, Essigsäure und Ferrocyankalinm, Essigsäure und Quecksilberjodid-Jodkalium) verhielten sie sich einander gleich.

Das Verhalten gegen Kochsalz, Magnesiumsulfat, Ammoniumsulfat war dasselbe.

Auch in ihrer Beziehung zu Metallsalzen fand ich Uebereinstimmung. Eine Ausnahme machte nur das basische Bleiacetat. Durch dieses wurde das Ovomucoïd, wie C. Th. Mörner angiebt, nicht gefällt. Das Harnmucoïd dagegen gab damit eine reichliche Fällung.

Bei Anstellung der Biuret- und der Xantoproteinprobe war das Resultat für beide dasselbe.

Um die Untersuchung weiter zu führen, habe ich auch für das Ovomucoïd die spezifische Drehung bestimmt. Es wurde  $\alpha_D = -63.6^\circ$  gefunden. Für das typische Harnmucoïd fand ich die Zahlen  $-62^\circ$ ;  $-67.1^\circ$ ;  $-63.7^\circ$ . Für das durch Erwärmen der Lösung veränderte Harnmucoïd, welches wie das Ovomucoïd im Wasser löslich ist und durch Essigsäure nicht gefällt wird, war die spezifische Drehung eine etwas niedrigere als für das typische Harnmucoïd (es wurde für dasselbe  $\alpha_D = -53.3$  und  $-58.1^\circ$  gefunden). Die spezifische Drehung der beiden Mucoïde spricht nicht gegen eine Verwandtschaft derselben.

In mehreren Hinsichten bieten also diese beiden Mucoïde Uebereinstimmung dar. In einigen Eigenschaften differiren sie jedoch voneinander.

Das Harnmucoïd kommt im Harn in der Form einer ungelösten, aufgequollenen Gallerte vor. Nach dem Auflösen durch Ammoniak ist das Harnmucoïd fällbar durch Essigsäure. Das in oben angegebener Weise dargestellte Ovomucoïd ist in Wasser löslich und wird durch Essigsäure nicht gefällt, auch dann nicht, wenn es durch Dialyse möglichst salzarm gemacht wird, oder wenn die essigsäurehaltige Lösung mit Chloroform geschüttelt wird.

Um zu entscheiden, ob das Ovomucoïd in einer anderen als der oben geschilderten Form im Weissen des Eies vorkomme, habe ich es nach einer anderen Methode dargestellt. Das Hühnereiweiss wurde schwach sauer gemacht, durch Weingeist gefällt und einige Tage damit stehen gelassen. Das Eiweiss wurde dabei unlöslich. Das Ovomucoïd wurde dann durch Wasser ausgelöst. Es hatte dieselben Eigenschaften wie das nach dem Verfahren von C. Th. Mörner dargestellte, und ist also in dieser Form von vornherein zugegen.

Wenn die Lösung des Harnmucoïds erhitzt wird, so verliert es bald die Fähigkeit, durch Essigsäure gefällt zu werden, und gleicht dann in dieser Hinsicht dem Ovomucoïd. Darnach aber wird das Harnmucoïd durch Quecksilberjodid-Jodkalium und Salzsäure gefällt.

In essigsäurehaltiger Lösung kann das Harnmucoïd schwach eiweissfällend wirken.

Diese Eigenschaften habe ich aber beim Ovomucoïd nicht beobachtet.

Durch Abdampfen ihrer Lösungen können sowohl das Harnmucoïd als das Ovomucoïd in einer Form erhalten werden, die sich in kaltem Wasser nicht löst. Durch Erhitzen mit Wasser oder durch Einwirkung von etwas Ammoniak kann die Lösung (wenn auch langsam) bewirkt werden. Es gelang mir nicht, auf diesem Wege eine durch Essigsäure fällbare Form des Ovomucoïds darzustellen.

Im Verhalten gegen Essigsäure scheint also ein Unterschied zwischen dem Harnmucoïd und dem Ovomucoïd zu bestehen.

Ausserdem finden sich noch einige andere Verschiedenheiten vor. Das ungleiche Verhalten gegen basisches Bleiacetat und (für das erhitzte Harnmucoïd) gegen Quecksilberjodid-Jodkalium habe ich bereits hervorgehoben.

Durch Millon's Reagens wird das Ovomucoïd nicht gefällt. Beim Erwärmen wird die Lösung roth gefärbt; es entsteht aber keine Fällung. Das Harnmucoïd wird durch Millon's Reagens reichlich gefällt; beim Erhitzen wird der Niederschlag roth; die Flüssigkeit bleibt aber ungefärbt. Dies gilt auch für das durch Erwärmen der Lösung veränderte Harnmucoïd.

Beim Behandeln mit concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure nach Adamkiewicz gelingt es mit dem Harnmucoïd leicht, eine Rosafärbung zu erzielen; mit dem Ovomucoïd dagegen ist dies mir ebenso wenig wie C. Th. Mörner gelungen.

Diese Unterschiede scheinen mir hinreichend gross zu sein, um die Auffassung der beiden Mucoïde als zwei verschiedene Substanzen zu begründen. Da es an einem tieferen Einblick in den chemischen Bau dieser Mucoïde noch mangelt, ist es nämlich nicht möglich zu sagen, ob die Verschiedenheiten wesentlich oder nebensächlich sind.

Die Uebereinstimmung der beiden Mucoïde ist jedoch so auffallend, dass sie als einander verwandt angesehen werden müssen.

### Die in Wasser lösliche Mucinsubstanz der Nubecula.

Schon oben (Seite 340) habe ich angeführt, dass man im Filtrate von der jetzt beschriebenen Fällung eine Mucinsubstanz wiederfinden kann. Bisweilen ist die Menge derselben grösser als die des durch Essigsäure gefällten Mucoïds.

Es ist dies eigentlich dasselbe Mucoïd als das durch Essigsäure gefällte, aber vielleicht ein wenig verändert.

Diese Mucinsubstanz verhält sich gegen alkalische Kupferoxydlösung ebenso wie das durch Essigsäure gefällte Harnmucoïd.

Sie enthält keine Chondroitinschwefelsäure oder Nucleinsäure.

Bei der Biuret- und der Xantoproteinprobe, zu Millon's Reagens und zum Reagens von Adamkiewicz verhält sie sich ebenso wie das vorher geschilderte Harnmucoïd.

In Wasser war diese Mucinsubstanz stets löslich. (Ich habe sie jedoch nie so aschenfrei wie das oben beschriebene Harnmucoïd erhalten können.)

Die Lösung in Wasser wurde durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde in überschüssiger Essigsäure ziemlich leicht gelöst.

Gegen Phosphorwolframsäure, Gerbsäure, Jod-Jodkalium, Quecksilberjodid-Jodkalium (mit Essigsäure oder Salzsäure), die Eiweissprobe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller), Essigsäure und Ferricyankalium, Metaphosphorsäure, Pikrinsäure, Pikrinsäure mit Citronensäure (Reagens nach Esbach), Sulfosalicylsäure, Trichloroessigsäure verhielt sich diese Mucinsubstanz ebenso wie das schon beschriebene Harnmucoïd.

Das Gleiche war der Fall bei Prüfung mit Metallsalzen.

Mit  $\alpha$ -Naphтол und concentrirter Schwefelsäure wurde auch hier vorübergehend eine rothe, aber keine violette Farbe beobachtet.

Die specifische Drehung wurde etwas niedriger gefunden. Sie war nämlich (Concentration der Lösung = 1.48 Procent) zu  $\alpha_D = -59.2$  bestimmt. Für das oben beschriebene (durch Essigsäure gefällte) Harnmucoïd bewegte sich dieser Werth zwischen  $-62^\circ$  und  $-67.1^\circ$ . Da dieses typische Harnmucoïd nach dem Erhitzen der Lösung eine niedrigere specifische Drehung ( $-52.6$  bis  $-58.1^\circ$ ) hat, so ist vielleicht möglich, dass die niedrigere Drehung des hier zu schildernden Mucoïds eine beginnende Veränderung derselben Art, wie beim Erhitzen andeutet. Diese wäre dann durch ein kräftigeres oder längeres Einwirken des Ammoniaks beim Auflösen zu erklären. Sonst lässt sich das Nichtausfallen des Mucoïds beim Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform durch die Gegenwart von Salzen erklären.

Die Hauptsache ist es jedenfalls, dass diese Mucinsubstanz vom Anfang an keine andere ist, als das in der vorigen Abtheilung beschriebene typische Harnmucoïd. Dies wird auch durch die Analyse bestätigt.

Präparat I. Das Mucoïd war in Wasser löslich. Die Lösung gab Fällung für Essigsäure. Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure gab keine Fällung. Der Aschengehalt war 1.5 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes ( $97.0^{mm}$  des Mucoïd die Asche abgezogen) gab  $90.56^{ccm}$  Kohlensäure,  $50.36$  Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $10.01^{ccm}$  Stickstoff ( $N_2 = 9.37^{ccm}$ ;  $NO/2 = 0.64^{ccm}$  was  $12.98$  Procent Stickstoff entspricht.

Präparat II. Das Mucoïd war zuerst mit Essigsäure (und Chloroform) gefällt und gewaschen. Es wurde dann in Wasser nach Zusatz von etwas Kochsalz unter Erwärmen leicht gelöst. Diese Lösung wurde durch Weingeist gefällt. Das Mucoïd war in Wasser löslich. Durch Essigsäure wurde es gefällt. Die salzsäurehaltige Lösung wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt. Essigsäure und Ferrocyankalium gaben keine Trübung. Der Aschengehalt war 2.3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (86.8<sup>ms</sup> des Mucoïds, als aschenfrei berechnet) gab 80.09<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 50.28 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9.04<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 7.65$ <sup>ccm</sup>;  $NO/2 = 1.39$ <sup>ccm</sup>), was 13.09 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat III. Die Lösung des Mucoïds in Wasser war durch Essigsäure fällbar. Die Lösung in überschüssiger Essigsäure wurde von Quecksilberjodid-Jodkalium nicht getrübt. Bei Gegenwart von Salzsäure gab die Lösung mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine ganz schwache Trübung. Der Aschengehalt war 3.3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (94.3<sup>ms</sup> Mucoïd, als aschenfrei berechnet) gab 85.81<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 49.11 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9.43<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 8.82$ <sup>ccm</sup>;  $NO/2 = 0.61$ <sup>ccm</sup>), was 12.57 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Bestimmung des Schwefels wurden aus 0.2774<sup>s</sup> des Mucoïds (als aschenfrei berechnet) 47.7<sup>ms</sup>  $BaSO_4$  erhalten, was 2.36 Procent Schwefel entspricht.

(Das in derselben Darstellung durch Essigsäure gefällte Mucoïd, Präp. V, Seite 349, enthielt 49.50 Procent C; 12.78 Procent N; 2.39 Procent S.)

Diese Bestimmungen werden in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Präp. I	Präp. II	Präp. III
	%	%	%
Kohlenstoff . .	50.36	50.28	49.11
Stickstoff . .	12.98	13.09	12.57
Schwefel . .	—	—	2.36

Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist für das Präparat I,  $N:C = 1:3.88$ ; für das Präparat II,  $N:C = 1:3.84$ ; für das Präparat III,  $N:C = 1:3.90$ .

Für das typische, in der vorigen Abtheilung beschriebene Harnmucoïd fand ich den Kohlenstoff = 49.40 Procent (48.65 bis 50.02), den Stickstoff = 12.74 Procent (12.56 bis 13.01) und den Schwefel = 2.30 Procent (2.23 bis 2.39). Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.86$  (3.84 bis 3.88).

Die Zusammensetzung des hier als „in Wasser löslicher Mucin-substanz“ geschilderten Mucoids giebt also keinen Anlass, dasselbe als etwas anderes als das in der vorigen Abtheilung beschriebene Mucoid zu betrachten; möglicherweise ist es etwas verändert.

### Veränderungen des Harnmucoids beim Erhitzen und die Spaltung desselben.

Wenn das über Schwefelsäure getrocknete Harnmucoid (der Aschengehalt der Präparate war 0.3; 0.4; 0.5 Procent) auf  $110^{\circ}$  erhitzt wurde, nahm es bald constantes Gewicht an. Bei der weiteren Erhitzung desselben auf  $130^{\circ}$  habe ich eine nur geringfügige Gewichtsabnahme beobachtet. Das erhitzte Mucoid löste sich etwas träger in Wasser mit etwas Ammoniak. Es war jedoch in einer schwachen Ammoniaklösung (0.01 Procent) schon in der Kälte löslich. Uebrigens habe ich keine Veränderung desselben wahrgenommen.

Bei Erhitzen der Lösung auf  $100^{\circ}$  erleidet das Harnmucoid allmählich eine deutliche Veränderung.

Nach Eintrocknen der Lösung auf dem Wasserbade (in einigen der Versuche war die Lösung mit ein wenig Essigsäure versetzt) war das Harnmucoid in Wasser fast unlöslich; auch bei Gegenwart von etwas Ammoniak wurde es gar nicht oder nur ganz langsam gelöst. Durch Erhitzen mit Wasser konnte es, wenigstens zum Theil, in Lösung gebracht werden. Beim Abdampfen verlor es wieder seine Löslichkeit.

Das nach dem Erhitzen der Lösung ausgefällte, über Schwefelsäure getrocknete und dann aufbewahrte Harnmucoid war in Wasser löslich. Wurde dasselbe bei  $110$  bis  $115^{\circ}$  getrocknet, so wurde es in Wasser und in Wasser mit etwas Natriumacetat fast unlöslich.

Die Lösung in Wasser, oder die mit etwas Ammoniak oder Kalilauge bereitete, schwach saure Lösung des typischen Harnmucoids zeigt beim Erhitzen eine deutliche Veränderung des optischen Drehungsvermögens.

Nach vier- bis fünfstündigem Erhitzen in einem zugeschmolzenen Rohre, das in kochendes Wasser niedergesenkt war, fiel die spezifische Drehung in einem Falle von  $-67.3^{\circ}$  auf  $-53.3^{\circ}$ , in einem anderen Falle von  $-63.7^{\circ}$  auf  $-58.1^{\circ}$ . Für ein drittes Präparat, das durch Erhitzen der Lösung verändert war, wurde die spezifische Drehung zu  $\alpha_D = -59.3^{\circ}$  bestimmt.

Wenn das durch Erwärmen veränderte Mucoid durch Weingeist gefällt, dann getrocknet und aufbewahrt wurde, blieb die spezifische Rotation unverändert.

Bei dem Erhitzen der Lösung wurde weder die Reaction auf Lacmus, noch die Farbe, noch die Durchsichtigkeit verändert.

Eine andere Veränderung des Mucoïds lässt sich aber nach dem Erwärmen nachweisen. Vor dem Erhitzen war das Harnmucoïd fällbar durch Essigsäure. Nach dem Erhitzen wurde es nicht dadurch gefällt. Dies rührt nicht von einer Aufnahme von Salzen aus dem Glase her: dieselbe Veränderung konnte beim Erhitzen in einem Gefässe aus Platin nachgewiesen werden.

Auch wenn das durch Erwärmen veränderte Mucoïd mit Weingeist gefällt, über Schwefelsäure getrocknet und dann einige Zeit aufbewahrt worden war, wurde die Wasserlösung desselben durch Essigsäure nicht gefällt.

Auch im Verhalten gegen einige andere Reagentien kann man eine Veränderung beobachten. Am häufigsten war dies mit Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure der Fall. Gegen dieses Reagens nebst Essigsäure und gegen die übrigen (S. 344) angeführten Reagentien war oft keine Veränderung zu bemerken.

In einem Versuche<sup>1</sup> bewirkten (nach dem Erwärmen) auch Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Essigsäure, Esbach's Reagens, und auch Trichloressigsäure eine Fällung. Ebenso verhielt sich dieses veränderte Mucoïd, nachdem es durch Weingeist gefällt, dann getrocknet und aufbewahrt worden war.

Dieses veränderte Mucoïd wurde mit Weingeist bei schwach saurer Reaction ausgefällt.

Der Weingeist wurde verdunstet. Er lieferte einen geringen Rückstand, der in Wasser unvollständig löslich war; beim Kochen mit Millon's Reagens wurde er nicht roth; er reducirte eine alkalische Kupferoxydlösung ziemlich rasch und stark; beim Erwärmen mit Salzsäure wurde er bald braun gefärbt; auch dann reducirte er eine alkalische Kupferoxydlösung.

Das durch Weingeist niedergeschlagene Mucoïd wurde getrocknet und analysirt. Der Aschengehalt war 0.3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (118.9<sup>mg</sup> des aschenfreien Mucoïds) gab 109.23<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 49.56 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 12.41<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 11.81$ <sup>ccm</sup>;  $NO/2 = 0.60$ <sup>ccm</sup>); was 13.12 Procent Stickstoff entspricht.

Die Schwefelbestimmung (0.3460<sup>g</sup>) gab 59.4<sup>mg</sup> Baryumsulfat, gleich 2.36 Procent Schwefel.

<sup>1</sup> Das Mucoïd scheint in diesem Falle von vornherein nicht völlig frei von Eiweisssubstanzen gewesen zu sein. Die essigsäurehaltige Lösung wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium und durch Esbach's Reagens schwach getrübt. Das Verhalten gegen die übrigen Reagentien war negativ.



Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.77$ .

Die Zusammensetzung des unveränderten Harnmucoids (Seite 349, Präparat V) war: Kohlenstoff = 49.50 Procent, Stickstoff = 12.78 Procent, Schwefel = 2.39 Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.87$ .

Die Zusammensetzung des Mucoids war also auch ein wenig verändert worden. Der Stickstoffgehalt war nach dem Erhitzen etwas höher als vorher.

Auch ein anderes Präparat, das durch Erhitzen der Lösung verändert war, habe ich analysirt. Dieses Mucoid wurde nicht durch Essigsäure gefällt. In salzsäurehaltiger, aber nicht in essigsäurehaltiger Lösung wurde es durch Quecksilberjodid-Jodkalium gefällt. Sonst verhielt es sich wie das unveränderte Harnmucoid. Der Aschengehalt war 2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (87.6 <sup>mg</sup> des als aschenfrei berechneten Mucoids) gab 79.03 <sup>ccm</sup> Kohlensäure, 48.67 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8.69 <sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 8.19$  <sup>ccm</sup>;  $NO/2 = 0.50$  <sup>ccm</sup>), was 12.47 Procent Stickstoff entspricht.

Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.89$ .

Die Schwefelbestimmung (0.3242 <sup>g</sup> des Mucoids) gab 58.8 <sup>mg</sup> Baryumsulfat, was 2.49 Procent Schwefel entspricht.

Die Zusammensetzung des Präparates wich nicht auffallend von der ab, welche ich für Präparate des unveränderten Mucoids gefunden habe.

Wird die Lösung des typischen Harnmucoids mit Salzsäure bis 0.1 bis 0.15 Procent HCl versetzt und dann ein bis zwei Stunden in kochendem Wasser erhitzt, so wird es augenscheinlich zersetzt. Die Lösung wird mehr oder weniger braunviolett gefärbt. Sie reducirt dann die alkalische Kupferoxydlösung ziemlich rasch und reichlich.

Nach dem Erhitzen wird sie von Quecksilberjodid-Jodkalium, Esbach's Reagens, Metaphosphorsäure und Trichloressigsäure gefällt. Nach längerem Erhitzen werden sie von diesen Reagentien noch reichlicher gefällt. Ferrocyankalium und Sulfosalicylsäure können dann auch Fällung hervorrufen.

Die Probe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller) gab keine Trübung. In der Berührungsfläche zwischen der Säure und der Flüssigkeit trat gelbe Färbung auf.

Eine mit Salzsäure (0.15 Procent) während einer Stunde erhitzte Lösung wurde neutralisirt und mit Weingeist gefällt; der Niederschlag wurde gewaschen und getrocknet. Der Aschengehalt desselben war 3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (52.9 <sup>mg</sup> der

Substanz, als aschenfrei berechnet) gab 49.20<sup>cem</sup> Kohlensäure, 50.30 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 5.57<sup>cem</sup> Stickstoff ( $N_2 = 5.27^{\text{cem}}$ ;  $NO/2 = 0.30^{\text{cem}}$ ), was 13.24 Procent Stickstoff entspricht. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.80$ .

Der Gehalt an Stickstoff und an Kohlenstoff fiel etwas höher aus als im unveränderten Mucoid. Das ursprüngliche Harnmucoid, das zum Versuche verwendet wurde, enthielt nämlich 49.50 Procent Kohlenstoff und 12.78 Procent Stickstoff. Das veränderte Mucoid schien also an Proteinstoffen reicher zu sein, als das unveränderte.

Die Analyse, ebenso wie die qualitativen Reactionen, sprechen also dafür, dass das Mucoid durch Einwirkung der Säure in einen eiweissartigen Körper und ein anderes (stickstoffärmeres) Component gespalten wird. Die Spaltung war jedoch in diesem Falle noch nicht vollständig. Da Heller's Probe negativ ausfiel, scheint der eiweissartige Körper kein Albuminat, sondern eher ein Albumos oder ein Pepton zu sein.

Wahrscheinlich gehört der Schwefel dem eiweissartigen Componente an. Dieses wäre wohl dann seines hohen Schwefelgehaltes wegen zur Keratingruppe zu rechnen, und das Harnmucoid wäre als ein „Keratomucoid“ zu bezeichnen.

Ueber die Natur des anderen Componentes habe ich bisher nur geringe Erfahrung sammeln können. In einem Versuche, wo ich das Harnmucoid durch Stehenlassen mit Natronlauge (1 Procent) gespalten hatte, wurde es aus alkalischer Lösung als Kupferverbindung gefällt. Es war löslich im warmen Wasser, enthielt Stickstoff, gab aber keine Färbung beim Kochen mit Millon's Reagens. Nach dem Erwärmen mit Salzsäure reducirte es alkalische Kupferoxydlösung.

Aus diesen Untersuchungen über die Veränderungen des Mucoids kann man schliessen, dass das Harnmucoid ein einheitlicher Stoff ist, und dass es, wenn es sich negativ gegen die Fällungsreactionen des Eiweisses verhält, auch kein verunreinigendes Eiweiss enthält. Wird es nämlich durch Einwirkung von Salzsäure oder durch Andauern des Erhitzens mit Wasser gespalten, so treten die Fällungsreactionen des Eiweisses bald hervor.

Schwierig ist es zu entscheiden, wie man die beim Erwärmen der Wasserlösung zuerst auftretende Veränderung deuten darf, da nämlich nur das Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure eine Fällung (diese aber reichlich) giebt, die übrigen eiweissfällenden Reagentien sich aber gänzlich negativ verhalten. Von sonstigen Veränderungen bemerkt man dann die Nichtfällbarkeit durch Essigsäure und eine niedrigere optische Activität.

Das Verhalten gegen Essigsäure und die Reichlichkeit der Fällung

für Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure zeigen, dass es nicht eine geringe, fractionelle Spaltung unter Bildung von Eiweiss sein kann, sondern dass das Harnmucoïd durch und durch verändert ist. Die Natur dieser Veränderung kann in verschiedener Weise aufgefasst werden. Es kann vielleicht ein Auflösen von Micellen in kleineren Molekülgruppen<sup>1</sup> sein. Eine andere Erklärung kann man in einer Aufnahme von Wasser suchen, wie ich es schon oben hervorgehoben habe, dass die einzelnen Präparate des Harnmucoïds sich durch den Wassergehalt (Hydrat- oder Imbibitionswasser) unterscheiden können. Eine ähnliche Veränderung nehme ich an, da das im Harn ungelöste Mucoïd durch Ammoniak aufgelöst wird.

In ähnlicher Weise kann man ein Unlöslichwerden beim Eintrocknen der Lösung oder beim Aufbewahren der festen Substanzen durch eine Abgabe von Wasser oder ein Zusammenschliessen der Moleküle zu Micellen erklären.

Dies näher zu verfolgen, stösst auf grosse Schwierigkeiten, da man die Lösung bei niedriger Temperatur kaum einwandfrei eintrocknen kann.

#### Ueber die Herkunft des Harnmucoïds und das Vorkommen von anderen Proteinstoffen in der Nubecula.

Dass das Harnmucoïd kein durch Einwirkung des Chloroforms gebildetes Laborationsproduct ist, habe ich durch besondere Versuche festgestellt. Es fand sich nämlich in derselben Form vor, wenn der Harn durch Thymol conservirt wurde, oder wenn kein Conservierungsmittel zugesetzt wurde.

Dass es auch vorgebildet und in ungelöster Form dem Harn zugemischt wird, kann man als sicher annehmen. Es ist nämlich nicht denkbar, dass seine Componenten in gelöster Form abgesondert werden und erst nach dem Zusammentreffen im Harn sich vereinigen und ausfallen. Das Harnmucoïd lässt sich nämlich leicht durch etwas Ammoniak in Lösung bringen und wird dann nicht vom sauren Harn gefällt. Es ist dann nicht möglich, dass es erst im Harn gebildet und ausgefällt wird.

Im Gegentheil scheint das Harnmucoïd in der Art verändert zu werden, dass es sich im Harn löst. Es ist mir nämlich gelungen, dasselbe in gelöster Form wiederzufinden. Normaler, im gewöhnlichen Sinne eiweissfreier Harn wurde während eines Tages dialysirt, dann

---

<sup>1</sup> Vergl. Griessmayer, Ueber das Verhältniss von Eiweiss zum Pepton. *Jahrb. über d. Fortschr. d. Thierchemie*. Bd. XIV, S. 26.

mit Essigsäure (0.15 Procent) unter Schütteln mit Chloroform gefällt (siehe die folgende Abtheilung). Das Filtrat wurde beinahe neutralisirt und 500<sup>ccm</sup> mit 3 Volumen Weingeist (95 Procent) gefällt. Es wurde eine gallertartige Fällung erhalten, die zum grössten Theil aus Phosphaten bestand. Sie wurde mit Wasser ausgezogen, das Filtrat mit Weingeist und ein wenig Kochsalz gefällt. Dieser Niederschlag wurde gewaschen und in Wasser gelöst.

Diese Lösung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die beim Kochen roth wurde. Durch Essigsäure wurde kein Niederschlag hervorgerufen. Durch Essigsäure und Ferrocyankalium, durch Esbach's Reagens, durch Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Essigsäure oder Salzsäure konnte gar kein Eiweiss nachgewiesen werden. Nach dem Erhitzen mit Salzsäure wurde die alkalische Kupferoxydlösung kräftig reducirt.

Es fand sich also im Harn aufgelöstes Mucoid vor.

Ueber die Art der Absonderung des Mucoids kann man sich ziemlich sicher aussprechen.

Da das Harnmucoid in ungelöster Form im Harn vorkommt, so ist kaum annehmbar, dass es in den Nieren abgesondert wird. Man ist deshalb berechtigt anzunehmen, wie dies ja auch gewöhnlich geschieht, dass die Nubecula und damit das Harnmucoid aus den Harnwegen stammt.

Es ist mir möglich, dies noch näher zu begrenzen, da ich nachweisen konnte, dass das Harnmucoid sich schon in der Harnblase befindet; das Harnmucoid kann also nicht oder nur zum Theil von der männlichen Harnröhre herkommen. Ich habe nämlich den Harn von Weibern, der durch Catheter entnommen war, untersucht. Trotzdem die Harnmenge in den beiden Versuchen eine ziemlich geringe war (1½ bis 2 Liter), konnte ich im Rückstand auf dem Filter das Harnmucoid nachweisen. Es war fällbar durch Essigsäure. Es gab die Reaction von Millon. Gegen die alkalische Kupferoxydlösung verhielt es sich fast indifferent. Nach dem Kochen mit Salzsäure wirkte es dagegen stark reducirend. Es gab keine Eiweissfällung mit Essigsäure und Ferrocyankalium oder mit Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller); auch das Reagens von Esbach und das Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure oder Essigsäure verhielten sich fast völlig negativ.

Es wird also die Nubecula und damit das Harnmucoid schon beim Passiren der Harnleiter und der Blase dem Harn beigemischt. Der Ursprung des Harnmucoids ist also auf die Schleimhaut dieser Theile der Harnwege zurückzuführen. Es ist natürlicherweise nicht damit ausgeschlossen, dass ein Theil desselben von der Harnröhre kommen kann.

Das Harnmucoïd ist beinahe der einzige Proteinstoff der Nubecula, welcher durch eine schwache Ammoniaklösung ausgelöst werden kann.

Ich habe das abfiltrirte Sediment aus 260 Liter Harn in Weingeist gesammelt und dann in oben beschriebener Weise bearbeitet.

I. Die bei schwach alkalischer Reaction erhaltene ammoniakalische Lösung wurde mit Essigsäure und Chloroform gefällt (das Filtrat = 3). Die Fällung wurde aufgelöst und noch einmal mit Essigsäure gefällt (das Filtrat = 2).

1) Dieser Niederschlag betrug 4.3%. Das Mucoïd scheint eine geringe Spur von Eiweiss enthalten zu haben. Es ist oben (Seite 349, Präparat V) geschildert worden.

2) Das bei der Reinigung desselben erhaltene Filtrat wurde durch Weingeist gefällt, in Wasser gelöst, dialysirt und wieder durch Weingeist nebst etwas Kochsalz gefällt. Der Niederschlag betrug nur 0.15%. Auch dies war ein Mucoïd. Die Analyse zeigte kein Eiweiss an; im Gegentheil war es etwas ärmer an Stickstoff als das typische Harnmucoïd. Der Aschengehalt war 3.8 Procent. Die Analyse gab, bei Verwendung von 81.9<sup>mg</sup> der Substanz, als aschenfrei berechnet, 73.92<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 48.70 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 7.98<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 7.61^{\text{ccm}}$  und  $NO/2 = 0.37^{\text{ccm}}$ ), was 12.25 Procent Stickstoff entspricht. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.96$ .

3) Das beim ersten Ausfällen des Mucoïds erhaltene Filtrat wurde bei neutraler Reaction eingeeengt, durch Weingeist gefällt, in Wasser und ein wenig Natronlauge gelöst, dialysirt und mit Weingeist gefällt. Es wurde 0.85% erhalten. Dieses Mucoïd ist schon oben (Seite 355, Präparat III) beschrieben worden.

II. Der Rückstand des Sedimentes wurde mit Ammoniak bei stark alkalischer Reaction 5 Stunden lang ausgezogen und dann Kohlensäure bis zu neutraler Reaction hineingeleitet. Das Filtrat wurde bei schwach saurer Reaction eingeeengt, mit Weingeist gefällt, in Wasser gelöst, dialysirt und dann mit Weingeist gefällt. Es wurde nur 0.1% erhalten.

III. Der Rückstand des Sedimentes wurde dann mit Natronlauge bei stark alkalischer Reaction 24 Stunden lang ausgezogen und filtrirt.

Der ungelöste Rest enthielt noch (neben Harnsäure) Proteinstoffe und gab ziemlich starke Rothfärbung beim Kochen mit Millon's Reagens.

Das Filtrat wurde durch Einleiten von Kohlensäure neutral gemacht. Es wurde dann 3 Tage dialysirt (wie gewöhnlich unter Zusatz von Thymol). Die Lösung enthielt dann keine Harnsäure. Die Lösung

wurde durch Essigsäure gefällt; der Niederschlag wurde in Wasser mit etwas Natronlauge gelöst und dann wieder mit Essigsäure gefällt. Es wurde nur 0.1% erhalten.

Grund ihres Gehaltes an Stickstoff und Kohlenstoff nahm diese Substanz eine Stellung zwischen dem Mucoid und dem Eiweiss ein.

Der Aschengehalt war 0.5 Procent.

Die Analyse (65.7<sup>ms</sup> aschenfreier Substanz) gab 61.93<sup>ccm</sup> Kohlensäure gleich 50.85 Procent Kohlenstoff, und 7.10<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 6.59^{\text{ccm}}$ ;  $NO/2 = 0.51^{\text{ccm}}$ ), was 13.90 Procent Stickstoff entspricht. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war  $N:C = 1:3.66$ .

Aus dieser Untersuchung geht also hervor, dass in der durch Weingeist conservirten Nubecula sich nur sehr geringe Mengen anderer, durch schwaches Ammoniak auslösbarer Proteinstoffe als das Harnmucoid vorfinden.

Proteinstoffe, die durch schwaches Alkali nicht gelöst wurden, waren aber, wie es scheint, ziemlich reichlich zugegen. Die Natur derselben zu bestimmen, war nicht möglich.

### Schlussfolgerungen.

Das Sediment des normalen Harns enthält ein besonderes Mucoid, das wahrscheinlich von der Schleimhaut der Harnwege gebildet und in der Form einer Gallerte dem Harn zugemischt wird.

Dieses Harnmucoid kann durch schwaches Ammoniak leicht in eine lösliche Form übergeführt werden. Uebrige im (durch Weingeist conservirten) Sedimente vorhandene Proteinstoffe werden durch schwaches Ammoniak in nur geringer Menge gelöst.

Das Harnmucoid kann je nach dem Wassergehalt und vielleicht auch je nach der Verkettung der Moleküle zu Micellen etwas verschiedene Zusammensetzung und Eigenschaften darbieten.

Das zunächst durch Auflösen mit einer geringen Menge Ammoniak erhaltene „typische“ Harnmucoid hat die mittlere Zusammensetzung  $C = 49.40$  Procent;  $N = 12.74$  Procent;  $S = 2.30$  Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist  $N:C = 1:3.86$ .

Das typische Harnmucoid kann durch Essigsäure (oder eine andere Säure) gefällt werden. Die Gegenwart von Salzen verhindert oder verzögert die Fällung. Schütteln mit Chloroform befördert die Fällung, bezw. ruft dieselbe hervor.

In einem Ueberschuss von Essigsäure (oder einer anderen Säure) ist der Niederschlag nicht besonders schwer löslich.

Das Harnmucoïd giebt die Farbenreactionen des Eiweisses. Gegen mehrere der Fällungsreactionen des Eiweisses verhält es sich negativ. Was die Einzelheiten betrifft, so wird auf die obige Darlegung (Seite 344) hingewiesen.

Die Lösung des Harnmucoïds ist linksdrehend ( $\alpha_D = -62^\circ$  bis  $-67.1^\circ$ ).

Mit einer alkalischen Kupferoxydlösung wirkt es nur sehr schwach reducirend. Nach dem Kochen mit Salzsäure reducirt es dagegen stark, wenn auch nicht rasch.

Mit  $\alpha$ -Naphthol und concentrirter Schwefelsäure giebt es keine deutliche Kohlenhydratreaction.

Das Harnmucoïd enthält kein Phosphor (Nucleinsäure) oder gepaarte Schwefelsäure (Chondroitinschwefelsäure).

In vielen Hinsichten stimmt das Harnmucoïd mit dem Ovomucoïd des Hühnereies überein. In einigen qualitativen Reactionen unterscheidet es sich jedoch von demselben.

## II. Ueber das Vorkommen von Eiweiss und eiweissfällenden Substanzen im normalen Menschenharn.

Die folgenden Untersuchungen wurden in der Absicht ausgeführt, die Natur der Proteinsubstanz aufzuklären, welche aus dem Harn (nach der Verdünnung mit Wasser, oder nach der Dialyse) nicht selten durch Essigsäure ausgefällt werden kann. Bei Beurtheilung des Eiweissgehaltes im Harn kann diese Substanz Schwierigkeiten herbeiführen. Substanzen dieser Art sind unter verschiedenen Namen beschrieben worden: „Aufgelöstes Mucin“ (Reissner<sup>1</sup> u. A.), „mucinähnliche Substanz“ (Hofmeister<sup>2</sup> u. A.), „Globulin“ (F. Müller<sup>3</sup>), als Synonym „mucinähnliche Substanz“ und „Nucleoalbumin“ (Huppert<sup>4</sup>), „Nucleoalbumin“ (Obermayer,<sup>5</sup> K. A. H. Mörner<sup>6</sup> u. A.).

Zuerst bearbeitete ich einen Harn, wo diese Substanz ziemlich reichlich vorkam. Es war dies der Harn eines Mädchens, das nach Scarlatina eine geringe Menge von Eiweiss im Harn ausschied, das beim

<sup>1</sup> Reissner, *Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol.* 1862. Bd. XXIV, S. 191.

<sup>2</sup> F. Hofmeister, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1880. Bd. IV, S. 261.

<sup>3</sup> F. Müller, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XV, S. 236.

<sup>4</sup> H. Huppert, *Analyse des Harns* von Neubauer und Vogel. 9. Aufl. 1890. S. 277.

<sup>5</sup> Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin.* 1892. Nr. 1.

<sup>6</sup> K. A. H. Mörner, *Hygiea.* 1892. Bd. LIV, I, S. 378.

Zubettliegen verschwand. Bald fand ich es aber zur Lösung der Frage nothwendig, normalen Harn mehr eingehend zu untersuchen. Ich fand, dass in diesen Substanzen vorkommen, die bei saurer Reaction (Essigsäure) Eiweiss (Serumalbumin und Serumglobulin) ausfällen können, und welche also einen sehr bedeutungsvollen Einfluss auf das Verhalten des Eiweisses gegen Lösungs- und Fällungsmittel ausüben können. Ich wurde ferner vor die Frage gestellt, ob Eiweiss ein normaler Bestandtheil des menschlichen Harnes sei. Durch den Gang der Untersuchung, welchen ich befolgt habe, und durch die erlangten Resultate ist es mir möglich geworden, sowohl diese letzte Frage als die Natur der durch Essigsäure fällbaren Proteinsubstanz zu beleuchten.

Um den Aussprüchen, welche in diesen Fragen schon vorliegen, eine Auslegung geben zu können, bin ich genöthigt, meine eigenen Beobachtungen vorzulegen. Aus denselben geht nämlich hervor, dass diese Fragen so verwickelt sind, dass die von mir gefundenen Gesichtspunkte zu deren Beleuchtung sich als nothwendig erweisen. Ich werde daher erst später auf die Litteratur zurückkommen.

Wie oben gesagt, beabsichtige ich, durch diese Arbeit die Verhältnisse des (in Bezug auf den Eiweissgehalt) normalen Harns zu beleuchten. Aus diesem Grunde habe ich hauptsächlich nur solchen Harn untersucht. Die Untersuchungen, welche ich mit dem oben genannten, nicht normalen Harn ausgeführt habe, erwiesen sich indessen zur Klärung einiger Fragen brauchbar. Ich habe deshalb auch diese für die Darstellung verworther.

Der Harn wurde durch Chloroform, bisweilen durch Campher oder Thymol conservirt. Wenn kein Conservierungsmittel zugesetzt wurde, werde ich dies besonders angeben.

Der Harn wurde stets sorgfältig filtrirt und war völlig klar.

Bei der unmittelbaren Prüfung des Harnes habe ich nur die Probe von Heller (mit Salpetersäure in der Kälte) benutzt. Uebrig Eiweissproben, welche zur unmittelbaren Prüfung des Harnes gebraucht wurden, habe ich nicht verwendet, weil ich nicht beabsichtigte, eine vergleichende Untersuchung über die verschiedenen Eiweissproben auszuführen. Ich konnte eine derartige Untersuchung um so eher unterlassen, als ich, was Empfindlichkeit und Beweiskraft anbelangt, durch nachstehende Untersuchung weiter gekommen bin, als man es durch diese Proben thut.

Die folgende Bearbeitung fusst gewissermassen auf der Angabe von P. Plósz,<sup>1</sup> welcher angiebt, dass man nach Ansäuerung des Harns

---

<sup>1</sup> P. Plósz, *Orvosi hetilap* 1890. Separatabzug. — Auch *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie*. Bd. XX, S. 215.



(durch Essigsäure) durch Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol aus jedem Harn (von Männern) Eiweiss ausfällen könne.<sup>1</sup>

Bei meinen Versuchen habe ich fast ausschliesslich Chloroform verwendet. Die Einwirkung des Chloroforms scheint eine physikalische<sup>2</sup> zu sein, durch welche jedoch die Eigenschaften des Eiweisses deutlich verändert werden können (vielleicht durch Einwirkung der Essigsäure). Ich habe diese Erscheinung in einer Lösung von reinem Serumalbumin verfolgt. Um den Versuch der folgenden Untersuchung analog zu machen, habe ich einen Harn durch Zusatz von Essigsäure (bis 0.2 Procent) und Schütteln mit Chloroform gefällt; das Filtrat wurde mit Serumalbumin (ohne Schütteln mit Chloroform) gefällt. Das Filtrat, welches jetzt von eiweissfällenden Substanzen möglichst vollständig befreit worden war, wurde mit Chloroform geschüttelt; es entstand dann eine Fällung. Das Filtrat wurde noch einmal mit Chloroform geschüttelt; es entstand dann eine neue Fällung — und so weiter, bis das Eiweiss fast vollständig ausgefällt worden war. Die erste, beim Schütteln mit Chloroform entstandene Fällung des Serumalbumins, welche die reichlichste war, wurde mit etwas Ammoniak, bevor noch die Reaction neutral wurde, gelöst. Diese schwach saure Lösung wurde durch Essigsäure bis 0.05 Procent nicht gefällt; durch Essigsäure bis 0.1 Procent entstand eine Fällung; durch einen Ueberschuss der Essigsäure wurde der Niederschlag leicht gelöst. Durch Kochen wurde die schwach saure Lösung theilweise coagulirt. Nach Zusatz von ein wenig Essigsäure wurde die klare Lösung beim Kochen coagulirt.

<sup>1</sup> In *Lancet* 1892, I, S. 688 hat A. H. Smith „die Reaction des Harns mit Aether“ besprochen, d. h. die Bildung eines gallertigen Zwischenlagers beim Schütteln des Harns mit Aether. [Offenbar war ihm der Aufsatz von Plösz nicht bekannt. Aus seinen Angaben ist kaum etwas zu lernen, was uns hier interessirt.

<sup>2</sup> Neuerlich wurden aus dem Laboratorium von Gaule Untersuchungen von Ramsden mitgetheilt (*Correspondenz-Blatt f. Schweizer Aerzte*. 1894. Aug. Nr. 15; *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, Physiol. Abth. 1894. S. 517), welche diese Anschauung stützen. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass eine Lösung eines coagulablen Eiweisskörpers, wenn es der Salzgehalt und die Alkalescenz nicht verhindern, durch einfaches Schütteln zur Coagulation gebracht werden kann. Dies ist von der Einwirkung der Luft unabhängig, denn der Versuch gelingt ebenso gut im Vacuum. In dieser Weise konnte eine Lösung von krystallisirtem Eialbumin, von Serumalbumin und von Serumglobulin coagulirt werden. Bis 96 Procent des Eiweisses konnten in dieser Weise gefällt werden. Auch eine Lösung von Casein, also von einem nicht coagulablen Eiweisskörper, konnte durch dieses Verfahren gefällt werden. Diese Erscheinung ist vielleicht in demselben physikalischen Process begründet, als das Ausfällen des Eiweisses durch Ansäuern des Harns und Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol.

Durch Schütteln der essigsäurehaltigen Lösung mit Chloroform wurde also das Serumalbumin fast vollständig gefällt. Das ausgeschiedene Eiweiss hatte andere Eigenschaften als das Serumalbumin; es war jedoch nicht in coagulirtes Eiweiss übergeführt. Durch seine Eigenschaften nahm es eine Stellung zwischen einem Albumin und einem Albuminat ein. Die Natur der Veränderung habe ich nicht weiter untersucht; es ist jedoch kaum anzunehmen, dass die Zusammensetzung des Eiweisses verändert worden war.

Bei der folgenden Untersuchung habe ich gewöhnlich den Harn durch Dialyse 24 Stunden gegen Wasserleitungswasser vorbereitet.<sup>1</sup> Man kann allerdings auch, wie Plósz dies thut, das Eiweiss durch Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform ausfällen, wobei die Fällung dann bisweilen ebenso gross wird, als nach der Dialyse. In zwei vergleichenden Versuchen wurden aus 1 Liter Harn nach Plósz bezw. 35.3 mg und 23 mg (die Harnsäure entfernt) und nach der Dialyse bezw. 31.5 mg und 28.1 mg erhalten. Ich habe es jedoch vorgezogen, den Harn zu dialysiren. Man braucht dann nicht die Harnsäure besonders zu entfernen, welche sich beim Arbeiten nach Plósz der Eiweissfällung beimischt. Bei der Bearbeitung von grösseren Harnmengen ist es auch leichter, nach der Dialyse das Eiweiss auszufällen, weshalb das Resultat ganz verschieden ausfallen kann. Beim Arbeiten nach Plósz erhielt ich aus 50 Liter des normalen Harns nur 0.1 g gereinigte Substanz, während ich nach der Dialyse aus 50 Liter Harn derselben Personen die zehnfache Menge Substanz erhielt.

Entschieden vortheilhaft ist die Dialyse, wenn man durch Zusatz von Eiweiss die eiweissfällenden Substanzen des Harns abzuscheiden beabsichtigt.

Bei der Fällung des dialysirten Harns durch Essigsäure und Chloroform ist es wichtig, dass man mehrmals kräftig schüttelt; um dies thun zu können, darf man die Flasche nicht allzu voll haben. Zuerst bemerkt man keine Abscheidung. Erst allmählich entsteht eine Trübung, welche sich nach einigen Tagen als ein Niederschlag absetzen kann. Erst nach ein- oder zweimal 24 Stunden ist die Flüssigkeit zu filtriren. Wenn man die Filtration eher vornimmt, so kann ein Theil der auszufällenden Substanz ins Filtrat übergehen.

Die Methode bei der Bearbeitung des Harns war also kurz folgende:

---

<sup>1</sup> Es ist dabei völlig hinreichend, wenn die Hauptmasse des Kochsalzes entfernt wird. Mir scheint, als ob es nicht nur die Verminderung der Salze, sondern auch die Entfernung anderer Harnbestandtheile wäre, wodurch die Dialyse vortheilhaft wirkt.

Der filtrirte, völlig klare Harn wurde (zur Conservirung) mit Chloroform durchgeschüttelt, und ausserdem bisweilen mit einer Thymol-lösung versetzt. Der Harn wurde dann etwa 24 Stunden lang gegen fließendes Wasserleitungswasser dialysirt;<sup>1</sup> der Gehalt des Harns an Chlor war dann nicht viel grösser als der des Wassers. Der klare Harn wurde darnach mit Essigsäure bis 0.1 bis 0.2 Procent versetzt und in einer Flasche mit überschüssigem Chloroform mehrmals kräftig geschüttelt. Nach einigen Tagen wurde der Niederschlag abfiltrirt und zur weiteren Bearbeitung aufbewahrt.

Das klare Filtrat wurde mit Blutserum (vom Pferde) etwa  $1\frac{1}{2}$  oem für je 1 Liter des Harns, oder mit der entsprechenden Menge einer Lösung von reinem Serumalbumin<sup>2</sup> versetzt. Ohne dass die Flüssigkeit geschüttelt noch mit mehr Chloroform versetzt wurde, setzte sich dann allmählich eine Fällung ab. Diese wurde gesammelt. (Das Filtrat enthielt den Ueberschuss an Eiweiss.)

Die erhaltenen Fällungen (die für Essigsäure nebst Chloroform und die durch das Eiweiss bewirkte Fällung) wurden je durch Lösen in Wasser mit ein wenig Ammoniak und Fällen durch Essigsäure (bis 0.1 bis 0.2 Procent), wenn nöthig unter Schütteln mit Chloroform, gereinigt. Der Niederschlag wurde dann in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst; diese Lösung wurde mit 2 bis 3 Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde dann mit Weingeist und mit Aether gewaschen und dann getrocknet. Ein nicht unbeträchtlicher Theil der Farbe blieb nebst anderen Stoffen in dem Weingeist zurück. Der Niederschlag war jedoch stets mehr oder weniger braun gefärbt.

# 1. Ueber die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns.

In der oben angegebenen Weise erhaltene Präparate aus normalem Harn, und besonders die durch Eiweiss hervorgerufenen Fällungen

<sup>1</sup> Nur selten wurde die Untersuchung durch Entwicklung von Bakterien vereitelt. Es war jedoch nöthig, dass das Pergamentpapier und der Rahmen, durch welchen es ausgespannt wurde, oft mit schwacher Sodalösung und mit Wasser gekocht wurde.

<sup>2</sup> Das Serumalbumin wurde nach J. E. Johansson (*Zeitschr. f. physiol. Chem.* Bd. IX, S. 310) durch Aussalzen des Globulins durch Magnesiumsulfat und Füllen des Filtrates mit Essigsäure dargestellt. Das Salz wurde durch Dialyse entfernt und das Albumin durch Füllen mit Weingeist oder durch Eintrocknen in fester Form erhalten.

wurden zu den Untersuchungen über die eiweissfällenden Substanzen verwendet. (Die durch Essigsäure nebst Chloroform bewirkten Fällungen wurden auch zu den in der folgenden Abtheilung besprochenen Untersuchungen über das Eiweiss des normalen Harns benutzt.)

Auch die weingeist- und ätherhaltigen Filtrate wurden untersucht.

Zu Untersuchungen über die eiweissfällenden Substanzen habe ich auch den Niederschlag aus dem oben besprochenen, schwach eiweisshaltigen Harne verwendet, welcher nach der Dialyse durch Essigsäure gefällt wurde. (Schütteln mit Chloroform war dabei nicht nöthig.)

Da meines Wissens keine Angaben darüber vorliegen, dass normaler Harn Serumeiweiss bei saurer Reaction ausfallen kann, habe ich, um an Material aus dem Harn zu sparen, einige vorläufige Untersuchungen mit einigen eiweissfällenden Stoffen angestellt.

Eine solche Substanz ist Nucleinsäure, welche nach Altmann<sup>1</sup> kräftig eiweissfällend wirkt. Nach Altmann wirkt auch ein Anhydrid der Glycerinphosphorsäure eiweissfällend. Auch an Metaphosphorsäure wäre zu denken. Seifen und Lecithin können nach Altmann gleichfalls aus saurer Lösung Eiweiss fällen. Die Taurocholsäure wirkt bekanntlich in saurer Lösung eiweissfällend. Auch Rhodan und thierisches Gummi können aus essigsäurehaltiger Lösung Eiweiss fällen.

An diese Substanzen glaubte ich zunächst denken zu müssen.

Durch die vorbereitende Untersuchung fand ich, dass einige dieser Substanzen ausgeschlossen werden können.

Beim Versuche mit Rhodan erwies sich, dass sowohl in einer Wasserlösung, als im dialysirten, mit Essigsäure und mit Eiweiss gefällten Harn eine Fällung erst bei Gegenwart von einer so grossen Menge Rhodan entstand, wie dieselbe nicht im Harne vorkommen kann.

Einige Angaben über die Gegenwart von Seifen im Harn habe ich nicht finden können. Da der Harn Kalk- und Magnesiasalze enthält, können ja auch nur Spuren von Seifen im Harne vorkommen. Die Eigenschaft der Seifen, das Eiweiss zu fällen, ist aber so wenig hervortretend, dass in Lösungen einer solchen Verdünnung, wie der hier in Frage stehenden, eine Fällung kaum vorkommen kann, wie ich in Versuchen mit gewöhnlicher Oelseife und verdünntem Blutserum, das mit Essigsäure bis 0.2 Procent versetzt war, gefunden habe.

Da ich indessen in einigen Versuchen fette Säuren in den aus dem Harn erhaltenen Fällungen nachweisen konnte, habe ich die Seifen erwähnt, obgleich sie keine oder eine nur ganz geringe Bedeutung für das Ausfällen des Eiweisses aus dem Harn haben. Vielleicht

<sup>1</sup> Altmann, *Archiv f. Anatomie u. Physiol.*, Physiol. Abth. 1889. S. 524.

Skandin. Archiv. VI.

werden sie durch das Chloroform dem Harn entzogen und in dieser Weise der Fällung beigemischt.

In dem bei der Bearbeitung des normalen Harns (siehe oben) erhaltenen weingeistigen Filtrat habe ich fette Säuren nachweisen können. Das neutralisirte Filtrat wurde eingeeengt und mit starkem Weingeist ausgezogen. Die Lösung in einer geringen Menge Weingeist wurde mit Aether versetzt; das Filtrat von den ausgeschiedenen Salzen enthielt Seifen. Diese wurden durch die folgenden Eigenschaften gekennzeichnet: Die concentrirte Wasserlösung erstarrte in der Kälte zu einer Gallerte. Die verdünnte Wasserlösung schäumte stark; sie wurde durch Chlorcalcium gefällt; nachher schäumte sie nicht. Die Wasserlösung wurde durch Eintragen von reinem Kochsalz gefällt. Durch Salzsäure wurde die Wasserlösung gefällt. Der Niederschlag war in Aether oder Weingeist löslich. Beim Abdampfen der Lösung in Weingeist wurden in dem öligen Rückstand Gruppen von blättrigen Krystallen ausgeschieden. Durch Behandeln der Bleiverbindung mit Aether wurde die Oelsäure in gewöhnlicher Weise abgeschieden. Die dann erhaltenen Krystalle der festen Fettsäuren schmolzen bei  $49^{\circ}$  bis  $51^{\circ}$ . Bei der geringen Menge des Materials konnte die Untersuchung nicht weiter verfolgt werden. Ob die fetten Säuren stets vorkommen, und von wo sie sich herschreiben, habe ich nicht untersucht.<sup>1</sup> Wie gesagt, fand ich indessen einige Male fette Säuren in der durch Essigsäure und Chloroform bewirkten Fällung aus dem normalen Harne. Reichlicher wurden sie aus dem Harne eines Falles von Phosphorvergiftung erhalten.

Das zum Filtriren benutzte Papier habe ich auf die Gegenwart von fetten Säuren genau untersucht. Zwar fand sich daselbst ein wenig Harz; Krystalle von fetten Säuren konnte ich aber nicht daraus erhalten.

Die Taurocholsäure wirkt ohne Zweifel so stark eiweissfällend, dass sie auch in dem Harne, wenn sie da vorkommt, das Eiweiss fällen kann.

Durch mehrere Versuche, wobei Lösungen von Serumalbumin (in Wasser; in normalem Harn; in Harn, der nach der Dialyse mit Essigsäure nebst Chloroform und mit Eiweiss gefällt worden war) mit schleimfreier Hundegalle versetzt wurden, habe ich mich überzeugt, dass die Taurocholsäure<sup>2</sup> bei der Gegenwart von Essigsäure (0.2 Procent)

<sup>1</sup> Ich darf vielleicht erwähnen, dass ich bei der Untersuchung des Harns in einem Falle von Hämaturporphyrinurie eine reichliche Menge von fetten Säuren in der Fällung fand, welche durch Baryumacetat hervorgerufen wurde.

<sup>2</sup> Nach Maly und Emmich (*Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie*. Bd. XIII, S. 290) wirkt die Glycocholsäure nicht eiweissfällend.

auch sehr verdünnte Eiweisslösungen fällen kann. Die Gegenwart von Salzen wirkt hindernd ein. Durch die Dialyse und ebenso durch das Schütteln mit Chloroform wird die Entstehung des Niederschlages befördert. In dem Niederschlage war das Eiweiss durch das Reagens von Millon nachweisbar.

Wenn die Taurocholsäureverbindung des Eiweisses in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst wurde, und diese Lösung nach dem Zusatz von 2 bis 3 Volumen Weingeist durch Essigsäure bis 0.2 Procent gefällt wurde, so blieb die Gallensäure (wenigstens zum grossen Theil) im Weingeist gelöst. Das abgeschiedene Eiweiss verhielt sich wie ein Gemenge von Albumin und Albuminat.

Es wird freilich von einigen Forschern, nämlich von Dragendorff und Vogel<sup>1</sup> angegeben, dass jeder Harn Gallensäuren enthalte. Von anderer Seite wird jedoch diese Angabe bestritten.

Ich habe mehrmals die Eiweissfällungen aus normalem Harne in der Weise auf Gallensäuren untersucht, dass das nach dem Fällen aus weingeistiger Lösung (siehe oben) erhaltene Filtrat neutralisirt und eingedampft wurde; der Rückstand ward mit starkem Weingeist ausgezogen, die Lösung verdampft, mit einer geringen Menge Weingeist gelöst und durch Aether gefällt. Der Niederschlag wurde geprüft.

Bisweilen habe ich bei Ausführung der Gallensäureprobe nach Pettenkofer einen schönen Ausschlag erhalten. Ich habe dies gesehen, auch nachdem die fetten Säuren durch Fällen mit einem Barytsalz entfernt worden waren. Bisweilen hatte der Aetherniederschlag auch einen deutlich bitteren Geschmack. Unter diesen Verhältnissen kann man die Gegenwart von Gallensäuren als bewiesen ansehen.

Dies war jedoch nicht die Regel. Am häufigsten war der Ausschlag der Reaction undeutlich oder gänzlich negativ. Dies ereignete sich auch bei der Bearbeitung von grossen Harnmengen (90 Liter).

Die Gegenwart von Taurocholsäure kann also nicht oder nur zu einem geringen Grade die eiweissfällende Eigenschaft des normalen Harns erklären.

Beim icterischen Harn dagegen kann die Gallensäure stark eiweissfällend wirken, wie schon Vitali<sup>2</sup> angegeben hat. Bei der Bearbeitung solchen Harns war es mir auch ein Leichtes nachzuweisen, dass die Gallensäure in dem Niederschlag vorkam, welcher durch Dialysiren und Fällen mit Essigsäure erhalten worden war.

Die Fällung, welche Obermayer<sup>3</sup> aus icterischem Harn erhielt,

<sup>1</sup> Vogel und Dragendorff, *Zeitschr. f. analyt. Chemie.* Bd. XI, S. 469.

<sup>2</sup> Vitali, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XXII, S. 539.

<sup>3</sup> Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin.* 1892. Nr. 1.

indem er den Harn mit Wasser verdünnte und durch Zusatz von Essigsäure fällte, bestand sicherlich nicht gänzlich aus Nucleoalbumin, wie er angiebt. Einen grossen Theil derselben dürfte die Gallensäureverbindung des Eiweisses ausgemacht haben.

Auch Lecithin wurde in der Weingeistlösung, aus welcher die Eiweissfällung abgeschieden wurde, gesucht. Die Lösung wurde bei neutraler Reaction vorsichtig eingedampft und der Rückstand mit Alkohol ausgezogen. Nach dem Abdampfen und Verbrennen mit Salpeter und Soda wurde einige Male auf Phosphorsäure geprüft. Nur einmal wurde ein deutlich positives Resultat erhalten; sonst konnte kein Phosphor nachgewiesen werden. Es ist also einleuchtend, dass das Lecithin als eiweissfällende Substanz im normalen Harn keine Bedeutung hat. Bekanntlich wird das Lecithin nicht unter die normalen Harnbestandtheile aufgenommen.

Unter anderen Stoffen wurden auch (S. 369) ein Anhydrid der Glycerinphosphorsäure und die Metaphosphorsäure genannt. Deren Vorkommen im menschlichen Organismus ist jedoch nicht erwiesen. Ein Versuch, dieselben im Harn nachzuweisen, erscheint auch ziemlich hoffnungslos. Aus der Discussion zwischen Kossel und Liebermann geht hervor, dass der directe Nachweis der Metaphosphorsäure in ihrer Eiweissverbindung sehr schwierig ist. Es ist jedoch sicher, dass diese Stoffe höchstens spurweise vorkommen können. Die Fällungen sind nämlich arm an Phosphor, und da Nucleinsäure, wie ich aus guten Gründen annehme, sich dort vorfindet, können kaum andere phosphorhaltige Stoffe zugegen sein.

#### Nucleinsäure.

Ehe ich auf die Untersuchungen über das Vorkommen von Nucleinsäure im Harn eingehe, will ich die Eigenschaften der Nucleinsäuren und das Verhältniss derselben zum Eiweiss in Erinnerung bringen.

Die Nucleinsäure (oder eher die Gruppe der Nucleinsäuren) wurde zuerst von R. Altmann<sup>1</sup> beschrieben. Die Säure wurde aus Hefe, Thymus, Eidotter und Lachssperma dargestellt. Die Säure ist reich an Phosphor (mehr als 9·5 Procent), sie enthält Stickstoff, aber keinen Schwefel. Sie wird durch Ammoniak und Alkalien leicht gelöst; durch die letzteren wird sie ziemlich leicht zersetzt. Aus ihrer Lösung in einem Alkali wird sie nicht durch Essigsäure gefällt; durch Salzsäure wird sie aber ausgeschieden, was durch Zusatz eines gleichen Volumens Weingeist befördert wird.

<sup>1</sup> Altmann, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1889. S. 524.

Nach den Angaben von Altmann hat sie ein grosses Vermögen, das Eiweiss und auch die Albumosen aus einer von Essigsäure sauren Lösung zu fällen. Diese Eiweissverbindung wird leicht durch Ammoniak oder ein Alkali in Lösung gebracht. Aus dieser Lösung wird die Verbindung durch Essigsäure oder durch Salzsäure wieder ausgefällt. Diese Eiweissverbindung ist gegen die Digestion mit Pepsinchlorwasserstoff resistent.

Eine solche Eiweissverbindung der Nucleinsäure entspricht nach Altmann dem, was man früher Nuclein genannt hat.

Aus dem Laboratorium von Kossel<sup>1</sup> sind seitdem mehrere Untersuchungen über die Nucleinsäure hervorgegangen, durch welche die Nucleinsäure von Altmann näher untersucht und die Kenntniss über dieselbe erweitert wurde. In der Nucleinsäure (wie im typischen Nuclein) finden sich organische Basen der Xantingruppe vor; so wurden Xantin, Hypoxantin, Guanin und Adenin wiedergefunden, jedoch in verschiedener Menge in Nucleinsäure verschiedener Herstammung. Aus Kalbsthymus dargestellte Nucleinsäure gab nur Adenin; sie wird daher Adenylsäure genannt.

Diese Base wird leicht aus der Säure abgetrennt. Als erstes Spaltungsproduct der Nucleinsäure kann dann eine phosphorhaltige Säure entstehen, welche eiweissfällend wirkt, und vielleicht mit der Paranucleinsäure identisch ist. Als weiteres Spaltungsproduct kann eine Säure entstehen, welche nicht eiweissfällend wirkt. Bei fortschreitender Zersetzung wird Phosphorsäure abgespalten; man erhält dabei aus der Adenylsäure zwei stickstoffreiche Basen, das „Thymin“ und das „Cytosin“, von welchen das letztere stark basische Eigenschaften besitzt. Weiter wurde Ameisensäure und, was besonderes Interesse darbietet, Lävulinsäure erhalten. Dadurch ist die Gegenwart einer Kohlenhydratgruppe in der Adenylsäure erwiesen. Es ist also erklärlich, dass man aus einem Nuclein oder einer Nucleinsäure durch Kochen mit einer Säure eine reducirende Substanz erhalten kann.

Für die folgende Auseinandersetzung ist es von Interesse, das Verhalten der Nucleinsäure gegen das Eiweiss zu ermitteln. Ich habe dabei mit Nucleinsäure aus der Hefe, nach Altmann dargestellt, gearbeitet.

Eine Lösung der Nucleinsäure in etwas Ammoniak wurde mit Pferdeblutserum gemischt, so dass die Eiweissmenge etwa fünfmal die

<sup>1</sup> Abhandlungen, welche für die folgenden Untersuchungen von Interesse sind, finden sich in: *Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth.* 1891. S. 181. 1893. S. 157—164. 1894. S. 194, 536, 551; *Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch.* Bd. XXVI, S. 2753 und Bd. XXVII, S. 2215.



der Nucleinsäure betrug. Die Lösung wurde mit Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde mit Wasser gewaschen und mit etwas Ammoniak in Wasser gelöst.

Die verdünnte Lösung (etwa  $\frac{1}{4}$  Procent Substanz) gab mit Essigsäure eine Fällung, welche bei einem Gehalt von 0.3 Procent Essigsäure sich zu lösen anfang; bei einem Gehalt von 0.4 Procent Essigsäure wurde der Niederschlag gelöst, wenn die Essigsäure auf einmal zugesetzt wurde.

Zusatz von mehr Blutserum wirkte nicht merklich auf die Löslichkeit in überschüssiger Essigsäure ein. Wenn dagegen mehr Nucleinsäure zugesetzt wurde, war die Eiweissverbindung in Essigsäure bedeutend schwerer löslich, so dass sie nicht bei einem Gehalt von 5 Procent Essigsäure gelöst wurde. Sie war dann auch in Salzsäure schwer löslich und wurde bei einem Gehalt von 0.4 Procent Salzsäure noch nicht gelöst, während sie vorher in Salzsäure sehr leicht gelöst wurde.

Wie das Blutserum gab auch reines Ovalbumin eine Verbindung mit Nucleinsäure, welche in Essigsäure und, bei angepasster Menge des Albumins, auch in Salzsäure (0.2 Procent) schwer löslich war.

Mit Albumosen wurde eine Fällung entschieden weniger leicht erhalten, und das Pepton (durch andauernde Trypsindigestion und möglichst vollständige Entfernung der Amidosäuren bereitet) wurde gar nicht gefällt.

Wenn die klare Lösung einer Nucleinsäureverbindung des Eiweisses (Blutserum) in Salzsäure 0.2 Procent mit Pepsin (nach Sundberg<sup>1</sup> dargestellt) verdaut wurde, so entstand bald in der klaren Lösung eine Fällung, welche phosphorhaltig war. Die Controlprobe (ohne Pepsin) wurde nicht verändert. Die Erscheinung war also dieselbe, wie bei der Digestion von einem Nucleoalbumin oder einem Nucleoproteid. Die Entstehung der Fällung kann man in folgender Weise erklären. Die Verbindung der Nucleinsäure ist von Anfang an verhältnissmässig reich an Eiweiss und daher in der Salzsäure löslich. Durch die Verdauung wird ein Theil des Eiweisses in Albumos oder Pepton verwandelt, welche sich nicht oder weniger begierig mit der Nucleinsäure verbinden. Die ganze Nucleinsäuremenge verbindet sich mit dem noch nicht veränderten Eiweiss; es entsteht so eine nucleinsäurereiche Verbindung, welche, wie oben gezeigt wurde, in der Salzsäure unlöslich ist.

Aus einem Harne, welcher dialysirt, mit Essigsäure (0.2 Procent)

<sup>1</sup> C. Sundberg, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. IX, S. 319.

nebst Chloroform, und nach dem Filtriren mit überschüssigem Serumalbumin gefällt worden war, wurde durch Zusatz von einer Nucleinsäurelösung ein Niederschlag erhalten. (Das Filtrat war fast frei von Eiweiss und von Nucleinsäure.) Der getrocknete Niederschlag enthielt 1.64 Procent Schwefel und 1.06 Procent Phosphor.

Die Eigenschaften, aus welchen man die Nucleinsäure erkennen kann, sind folgende. Sie ist phosphorhaltig; sie enthält Xantinkörper. Mit Eiweiss giebt sie eine Verbindung, die in Essigsäure schwer löslich ist, und, wenn die relative Eiweissmenge gering ist, auch in Salzsäure schwer löslich ist. Eine Lösung der Eiweissverbindung in Salzsäure (0.2 Procent) giebt bei der Digestion mit Pepsin eine Fällung (ein Nuclein). Die Eigenschaft, beim Kochen mit einer Mineralsäure eine reducirende Substanz abzuspalten, ist mehrdeutig und lässt sich übrigens nicht immer nachweisen.<sup>1</sup>

Zu den folgenden Untersuchungen wurde theils die Fällung verworthen, welche aus normalem, im gewöhnlichen Sinne „eiweissfreiem“ Harn durch Dialyse und Zusatz von Essigsäure nebst Chloroform erhalten wurde, theils auch die Fällung, welche durch Eiweiss im Filtrat bewirkt wurde. Bisweilen wurde der Harn sogleich mit Eiweiss versetzt, dialysirt und mit Essigsäure gefällt.

Ausser normalem Harn habe ich auch den oben erwähnten, schwach eiweisshaltigen Harn in dieser Hinsicht untersucht. Um die Ergebnisse zu bestätigen, werden auch einige Beobachtungen an Harnen von kranken Personen mitgetheilt.

Die Fällungen, welche aus den Harnproben von mehreren gesunden Männern durch reines Serumalbumin hervorgerufen worden waren, wurden auf Phosphor geprüft. Bisweilen habe ich bei der Bearbeitung von 1 Liter Urin kein Phosphor nachweisen können. Im Allgemeinen war jedoch Phosphor (nach dem Verbrennen mit Salpeter und Soda) als Molybdänfällung qualitativ nachweisbar. Bisweilen schien die Phosphormenge ziemlich bedeutend zu sein.

Versuche mit der durch Essigsäure nebst Chloroform nach der Dialyse erhaltenen Fällung gaben dasselbe Resultat.

In einigen Versuchen wurde die Phosphormenge bestimmt. Nach dem Verbrennen mit Salpeter und Soda und Abscheidung der Schwefelsäure wurde die Phosphorsäure als Eisenverbindung ausgeschieden und als Molybdänverbindung nach Eggertz oder als Magnesiumpyrophosphat gewogen.

<sup>1</sup> Vgl. Salkowski, *Archiv f. pathol. Anatomie u. Physiol.* Bd. CXXXI, S. 304—326.

In der durch Essigsäure nebst Chloroform aus dem dialysirten normalen Harne erhaltenen Fällung fand ich einmal 0.08 Procent P (0.43 % der Substanz; Aschengehalt = 1 Procent). Das Filtrat wurde mit Eiweiss gefällt. Diese Fällung (1.1 % der Substanz; Asche fand sich nur spurenweise vor) enthielt 0.04 Procent P.

Ein anderes Präparat der Essigsäurefällung aus normalem Harne enthielt 0.1 Procent P (0.426 % der Substanz; die Asche = 1 Procent).

Der Phosphorgehalt dieser Präparate war also ganz gering. Ich halte es jedoch nicht für unmöglich, dass derselbe auch bei der Bearbeitung von normalen Harnproben bisweilen höher ausfallen kann. Ich schliesse dies aus der verschiedenen Stärke der qualitativen Reactionen.

Die Nucleinsäure aus diesen Fällungen rein darzustellen, so dass man den Phosphorgehalt der Nucleinsäure wiederfinden kann, ist wohl kaum möglich. Ich habe jedoch einen Versuch in dieser Richtung ausgeführt. Die durch Blutserum bewirkte Fällung aus 140 Liter normalen Harns wurde mit Pepsinsalzsäure digerirt,<sup>1</sup> wobei eine Fällung entstand.<sup>2</sup> Die Fällung wurde mit Alkali gelöst und mit Kupferacetat unter Zusatz von Natronlauge und Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit etwas Salzsäure und Weingeist zersetzt. Das dabei Ungelöste wurde zur Entfernung des Eiweisses wiederholt nach dieser Methode bearbeitet. Der zuletzt erhaltene Rückstand wurde mit etwas Natronlauge gelöst, mit Salzsäure schwach angesäuert und mit Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit Wasser ausgezogen; das dabei Ungelöste wurde mit etwas Natronlauge gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und mit Salzsäure bis 0.1 Procent gefällt. Diese Fällung, in welcher man die Nucleinsäure zu suchen hatte, wurde gesammelt. Aus 85.3 mg derselben wurden 31.3 mg Molybdämfällung erhalten, was 0.6 Procent Phosphor entspricht. Grund der Darstellung und des Phosphorgehaltes ist es also wahrscheinlich, dass der Niederschlag zum Theil, aber nur zum geringeren Theil, aus Nucleinsäure bestand.

Der durch Essigsäure (nach der Dialyse) bewirkte Niederschlag aus dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harne gab in einer Bestimmung (0.5362 %; Aschengehalt 1.2 Procent) 3.7 mg Magnesiumpyrophosphat, was einem Gehalt von 0.2 Procent Phosphor entspricht.

---

<sup>1</sup> Durch einen besonderen Versuch überzeugte ich mich, dass das angewandte Blutserum bei der Digestion mit dem Pepsin keine Fällung gab.

<sup>2</sup> In Filtrate war Nucleinsäure in der Fällung für Kupferacetat mit Natronlauge und Weingeist nicht deutlich nachweisbar,

Bei der Untersuchung des Harns von Kranken habe ich höhere Werthe für den Gehalt an Phosphor gefunden. In einem Falle von Nephritis fand ich in der Eiweissfällung (Asche derselben = 0.9 Procent) 0.2 Procent Phosphor; der bei der Digestion dieser Eiweissfällung mit Salzsäure entstandene Niederschlag enthielt 1 Procent Phosphor. In einigen anderen Fällen enthielt der Niederschlag, welcher bei der Verdauung entstand, 0.4 Procent, 0.6 Procent und 0.6 Procent Phosphor. Ich beabsichtige nicht, jetzt auf die Untersuchungen pathologischer Harne einzugehen; die angeführten Ziffern werden nur mitgetheilt, um die Ansicht, dass der gefundene Phosphorgehalt ein Zeichen der Gegenwart von Nucleinsäure war, zu stützen.

Die Bildung einer Fällung bei der Digestion der Lösung in Salzsäure (0.2 Procent) mit Pepsin,<sup>1</sup> sowie der Phosphorgehalt dieses Niederschlages und der ursprünglichen Substanz sprechen also dafür, dass Nucleinsäure in der Essigsäurefällung aus dem dialysirten Harn und in der Fällung, welche durch Eiweiss im Filtrate entstand, sich vorfand. Allein die Bildung einer Fällung bei der Digestion ist für die Gegenwart von Nucleinsäure wenig beweisend. Eine solche Fällung habe ich nämlich auch bei der Verdauung der Eiweissverbindungen der Chondroitinschwefelsäure, der Metaphosphorsäure und der Taurocholsäure gesehen.

Eine weitere Stütze für die Annahme, dass Nucleinsäure in den genannten Fällungen aus dem Harn vorkommt oder vorkommen kann, finde ich in der Gegenwart von Nucleinbasen, welche ich sowohl in der Fällung aus normalem Harn, wie in dem Niederschlage aus dem obenerwähnten schwach eiweisshaltigen Harn nachgewiesen habe.

Von dem normalen Harn wurden 8 $\frac{1}{2}$  Liter mit 1 $\frac{1}{3}$  g reinem Serumalbumin<sup>2</sup> aus Pferdeblutserum versetzt, dialysirt und dann mit Essigsäure (bis 0.2 Procent) gefällt. Der Niederschlag wurde mit Alkohol und Aether behandelt. Der Niederschlag (0.5 g) wurde dann mit Schwefelsäure (N/10) erhitzt, die Lösung neutralisirt und mit Bleiessig gefällt. Der Ueberschuss an Blei wurde durch Schwefelwasserstoff entfernt. Das eingedampfte Filtrat wurde mit ammoniakalischer Silbernitratlösung gefällt. Die Fällung wurde mittels der Centrifuge abgeschieden und gewaschen. Die Silberfällung wurde dann in zwei bis drei Tropfen kochender Salpetersäure (Eigengewicht = 1.1) gelöst.

<sup>1</sup> Es wurde besonders constatirt, dass das Pepsin bei der Digestion mit Salzsäure oder Salzsäure und Eiweiss (Serumalbumin, Ovalbumin, Blutserum) keine Fällung gab.

<sup>2</sup> Das Serumalbumin wurde nach J. E. Johansson dargestellt.

In der Kälte schied sich eine geringe Menge von Krystallen in der Form von Nadeln und Gruppen von Nadeln aus. Nach dem Umkrystallisiren wurden sie noch schöner erhalten.

In zwei Versuchen mit dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harn konnte ich in ähnlicher Weise<sup>1</sup> bei der Bearbeitung von je 3-6 und 1 Liter des Harns Krystalle der Silbernitratverbindungen der Nucleinbasen darstellen. Die Menge der Krystalle war zwar gering, doch waren dieselben deutlich ausgebildet.

Durch diese Untersuchungen, wöbei ich den Phosphorgehalt der Fällungen aus dem Harne, den Phosphorgehalt der bei der Pepsinverdauung entstandenen Fällung, und die Gegenwart von Nucleinbasen in den Fällungen aus dem Harn nachgewiesen habe, scheint es mir erwiesen, dass Nucleinsäure zugegen war. Nucleinsäure fand sich sowohl in der durch Essigsäure und Chloroform aus dem dialysirten Harn bewirkten Fällung, als in dem Niederschlag, welchen Zusatz von Serumalbumin zum Filtrat hervorrief. Ein Theil der Nucleinsäure kommt also in freier Form oder als Salz vor. Die Menge der Nucleinsäure war stets gering, und nur ein geringer Theil des Niederschlages kann aus der Eiweissverbindung der Nucleinsäure bestanden haben.

Ueber den Ursprung der Nucleinsäure (ob von den Nieren oder von den Harnwegen) ist es durch diese Untersuchungen nicht möglich, einen Aufschluss zu erhalten.

Wie ersichtlich, können die bisher geschilderten Eiweissverbindungen nur den Mindertheil der Fällungen aus dem Harn ausmachen. Nach einigem Suchen fand ich in der Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure eine Substanz, welche normal die Hauptmasse dieser Fällungen ausmacht.

#### Chondroitinschwefelsäure.

Diese Säure wurde zuerst von C. Th. Mörner<sup>2</sup> isolirt. Die qualitativen Eigenschaften und die Zusammensetzung wurden auch von ihm untersucht. Er zeigte, dass die Säure reich an Schwefel ist, und dass dieser in der Form gepaarter Schwefelsäure zugegen ist. Er wies nach, dass die Eigenschaften des Knorpelleimes und die Verschiedenheit desselben vom gewöhnlichen Leim, wie die Fällbarkeit durch

<sup>1</sup> Natürlich ohne Zusatz von Serumalbumin.

<sup>2</sup> C. Th. Mörner, *Dieses Archiv*. Bd. I, S. 210.

Säuren, das Entstehen einer reducirenden Substanz beim Kochen mit einer Mineralsäure, in der Gegenwart dieser Säure ihren Grund haben.

Seitdem wurde durch Schmiedeberg<sup>1</sup> unsere Kenntniss dieser Säure bedeutend erweitert. Er wies nach, dass die Säure zuerst in Schwefelsäure und Chondroitin gespalten werden kann. Das Chondroitin ist aus Acetylacetessigsäure und Chondrosin zusammengesetzt. Das Chondrosin ist ein Derivat der Kohlenhydrate, indem es aus Glukosamin und Glukuronsäure besteht.

Mörner bearbeitete den Trachealknorpel des Rindes; Schmiedeberg hat den Knorpel der Nasenscheidewand des Schweines verwendet. Auch in anderen Arten von Knorpeln hat man die Chondroitinschwefelsäure wiedergefunden: so J. Lönnberg<sup>2</sup> im Knorpel von *Raja batis* und von *Scymnus microcephalus*. C. Th. Mörner<sup>3</sup> hat die Ausbreitung der Säure im Körper des Rindes untersucht. Die Säure wurde constant in allen Arten von Knorpeln wiedergefunden. Ausserdem wurde sie in der Wand der grossen Arterien gefunden. Dagegen konnte sie weder in der Synovia und dem Blute, noch in den untersuchten Organen (Knochensubstanz, Nervensystem, Sehne, drüsigen Organen, worunter Leber und Nieren) nachgewiesen werden. In pathologischen Knorpelbildungen wurde sie ebenso wie im normalen Knorpel wiedergefunden.

Durch die Untersuchungen von Oddi<sup>4</sup> ist die Gegenwart der Säure in der Amyloidleber nachgewiesen.

C. Th. Mörner hebt die Eigenschaft der Säure, eine angesäuerte Leimlösung zu fällen, hervor. Er hat auch diese Eigenschaft zum Nachweis der Säure benutzt. Von Schmiedeberg wird auch angegeben, dass die Säure eine Lösung des Eialbumins oder des Serumalbumins fällt.

Bei der Untersuchung der Fällungen aus dem Harn fand ich, dass beim Erhitzen mit Salzsäure Schwefelsäure abgespalten wurde. Bei der Untersuchung einiger Aetherschwefelsäuren der Phenole (gewöhnliches Phenol, Acetylpara-amidophenol) fand ich, dass sie gar nicht eiweissfällend wirkten.

Ich untersuchte dann die eiweissfällende Wirkung der Chondroitinschwefelsäure. Dabei benutzte ich ein aus Trachealknorpel nach

<sup>1</sup> Schmiedeberg, *Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmacologie*. 1890. Bd. XXVIII, S. 355.

<sup>2</sup> J. Lönnberg, *Upsala Läkarefören förhandl.* Bd. XXIV, S. 495; Bd. XXV, S. 249.

<sup>3</sup> C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. 1895. Bd. XX, S. 357.

<sup>4</sup> Oddi, *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmacol.* 1894. Bd. XXXIII, S. 376.

C. Th. Mörner dargestelltes Präparat. Die angewandte Lösung enthielt etwa 0.4 Procent Chondroitinschwefelsäure und 0.2 Procent Essigsäure. Mit einer Lösung von Pepton (aus Fibrin durch andauernde Verdauung mit Trypsin bereitet und von den Amidosäuren möglichst gereinigt) gab die Chondroitinschwefelsäure keine Fällung. Mit einer Lösung von Albumosen entstand eine milchige Trübung, die durch Kochsalz leicht gelöst wurde. Mit einer Lösung von reinem Ovalbumin (2.5 Procent mit 0.2 Procent Essigsäure) entstand sogleich eine Fällung, die beim Zusatz einer grösseren Menge der Albuminlösung reichlich und flockig abgeschieden wurde. Durch Zusatz von Kochsalz konnte die Fällung beinahe gelöst werden.

Bei der Gegenwart von Salzsäure (0.2 Procent) statt Essigsäure verhielt sich die Chondroitinschwefelsäure in derselben Weise: Pepton gab keine Fällung. Albumosen gaben eine milchige Trübung, die durch Zusatz von Kochsalz verschwand. Von dem Ovalbumin war eine etwas grössere Menge nöthig, um eine flockige Fällung hervorzurufen. Auch der Zusatz eines verdünnten angesäuerten Blutserums brachte eine ähnliche Fällung hervor; die Gegenwart von Pepton verhinderte die Entstehung dieser Fällung nicht.

Wenn die Lösung der Chondroitinschwefelsäure mit Salzsäure (0.2 Procent) zu der durch Pepsinverdauung von coagulirtem Ovalbumin erhaltenen Lösung gesetzt wurde, so entstand eine reichliche flockige Fällung, wenn die Verdauung eine kurze gewesen war. Diese Fällung war in Kochsalz nur wenig löslich. Nach einer länger dauernden Digestion war eine grössere Menge der Chondroitinschwefelsäure nöthig, um eine flockige Fällung zu geben. Nach einer noch längeren Digestion gab die Säure nur eine Opalescenz, die beim Zusatz von Kochsalz leicht verschwand.

Ich habe auch die Verbindung der Chondroitinschwefelsäure mit den Eiweissstoffen des Blutserums (vom Pferde) studirt. Eine Lösung der Chondroitinschwefelsäure wurde mit so viel Pferdeblutserum versetzt, dass die Eiweissmenge etwa viermal soviel als die Säuremenge betrug. Die Lösung wurde mit Wasser verdünnt und mit Essigsäure bis 0.2 Procent versetzt. Es entstand nun eine milchige Trübung. Beim Zusatz von mehr Blutserum, so dass die Eiweissmenge etwa zehnmal so gross als die der Chondroitinschwefelsäure war, entstand eine reichliche flockige Fällung. (Das Filtrat enthielt nur Spuren von Eiweiss.) Der Niederschlag wurde gewaschen und in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst. Diese Lösung enthielt 2.33 Procent organischer Substanz; die Menge der Asche betrug 0.3 Procent der organischen Substanz.

Mit dieser Lösung wurden vor und nach Verdünnung mit Wasser Untersuchungen über die Fällbarkeit durch Essigsäure und Salzsäure, und über die Löslichkeit in einem Ueberschusse dieser Säuren ausgeführt.

Sowohl die ursprüngliche, wie die verdünnten Lösungen wurden durch Essigsäure leicht gefällt. Die Löslichkeit des Niederschlages in einem Ueberschusse der Säuren war von der Verdünnung abhängig. Der aus der ursprünglichen Lösung erhaltene Niederschlag war in Salzsäure von 1 Procent oder Essigsäure von 12 Procent noch nicht löslich, auch dann nicht, wenn die ganze Säuremenge auf einmal zugesetzt wurde. Dagegen war der Niederschlag in Salzsäure von 0.2 Procent und in Essigsäure von 1 Procent löslich, wenn die Lösung auf 10 Volumen (0.23 Procent) verdünnt war.

In der auf 0.09 Procent verdünnten Lösung wurde die Fällung durch Essigsäure (0.2 Procent) durch einen Zusatz von Kochsalz bis 0.1 bis 0.75 Procent nicht verhindert, eher befördert. Eine grössere Menge von Kochsalz (1 bis 8 Procent NaCl) wirkte dagegen hindernd ein.

Natriumphosphat, etwa ein Drittel der im Harn vorkommenden Menge entsprechend, war ohne Einwirkung auf die Fällbarkeit.

Zusatz von einer grösseren Menge des Blutserums, so dass die Eiweissmenge das Doppelte oder Vierfache betrug, verminderte die Fällbarkeit nicht. Die Fällung war dann in überschüssiger Essigsäure oder Salzsäure ein wenig, aber nicht viel mehr löslich. (Bei der Berechnung wird dann von der Menge der Chondroitinschwefelsäure ausgegangen.)

Wurde dagegen eine grössere Menge Chondroitinschwefelsäure zugesetzt, so dass die Menge derselben verdoppelt wurde, so hatte dies einen sehr deutlichen Einfluss. So wurde in der auf 0.25 Procent Substanz verdünnten Lösung die Fällung durch Salzsäure noch nicht von 1 Procent HCl gelöst. Durch Essigsäure von 0.2 bis 5 Procent wurde die Lösung nicht gefällt. Bei Zusatz von Kochsalz (0.2 bis 1 Procent) entstand dann Fällung, am leichtesten in der am stärksten sauren Lösung.

Ein Theil der ursprünglichen Lösung wurde bis zu einem Gehalt von etwa 0.5 Procent Substanz verdünnt, mit Salzsäure bis 0.2 Procent HCl versetzt und mit Pepsin (nach Sundberg) verdaut. Es entstand dabei bald eine flockige Fällung (die Controlprobe ohne Pepsin blieb unverändert). Das Gleiche war der Fall, wenn die vierfache Menge Eiweiss zugesetzt wurde. Die Entstehung der Fällung ist hier, wie bei der Nucleinsäure, in der Weise zu erklären, dass die Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure in einem Ueberschuss von Salzsäure schwer löslich ist, wenn sie relativ reich an Chondroitin-



schwefelsäure ist. Je mehr also das Eiweiss durch die Digestion in eine Form übergeführt wird, die nicht durch Chondroitinschwefelsäure gefällt wird (Pepton und zum Theil auch Albumosen), desto reicher an Chondroitinschwefelsäure wird die rückständige Eiweissverbindung, bis sie in der Salzsäure unlöslich wird und daher ausfällt.

Der bei der Digestion gebildete Niederschlag wurde auf Chondroitinschwefelsäure untersucht. Der Niederschlag wurde gewaschen mit Wasser und etwas Ammoniak bei neutraler Reaction gelöst. Die Lösung wurde mit Chlorbaryumlösung versetzt; es entstand dabei keine Fällung (durch Zusatz von einigen Tropfen einer Gypslösung fand ich, dass die Ausfällung des Baryumsulfats nicht verhindert wurde). Die Lösung wurde dann mit reiner Salzsäure bis 5 Procent HCl versetzt und auf dem Wasserbade  $2\frac{1}{2}$  Stunden erwärmt. Ein Theil der Lösung wurde neutralisirt und mit alkalischer Kupferoxydlösung geprüft, wobei eine schöne Reduction erhalten wurde.

Der übrige Theil der Lösung wurde mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction versetzt (um die ausgefällte organische Substanz zu lösen), das dabei Ungelöste gewaschen, das Filtrum verbrannt und die Asche mit reinem Soda und Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wurde mit Wasser gelöst, die Lösung filtrirt, angesäuert und auf Schwefelsäure geprüft, wobei eine reichliche Fällung erhalten wurde.<sup>1</sup>

Die oben geschilderte, eiweissreiche Verbindung der Chondroitinschwefelsäure mit Wasser und etwas Ammoniak gelöst, mit Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz und schwach saurer Reaction versetzt, gab beim Kochen keine Fällung, sondern nur eine stärkere Opalescenz.

---

<sup>1</sup> Wenn sich kein Baryumsalz in der Lösung findet, kann man natürlich die Probe noch einfacher ausführen, indem man die erhitzte Lösung filtrirt, wenn nöthig theilweise neutralisirt und auf Schwefelsäure prüft. Bei der Gegenwart von Baryumsalz wird dagegen das Baryumsulfat mit organischen Stoffen, welche sich bei der Erhitzung ausscheiden, untermischt. Um einen wegen etwaigen Schwefelgehaltes desselben möglichen Fehler zu vermeiden, habe ich diese Stoffe so viel als möglich durch Ammoniak gelöst, ehe ich die Verbrennung vornahm.

Dass der Schwefelgehalt der Eiweissstoffe keinen Trugschluss veranlasst, hat, habe ich durch mehrere Versuche mit Blutserum und Fibrin, wobei der Ausschlag negativ war, bestätigt gefunden.

Wenn bei einer derartigen Untersuchung präformirte Schwefelsäure gegen ist, kann es schwierig sein, dieselbe vollständig zu entfernen, weil das Baryumsulfat sich dabei schlecht absetzt. In diesem Falle kann ein wenig von der präformirten Schwefelsäure in die letzte Fällung übergehen und die Untersuchung vereiteln, wenn es sich um den Nachweis von Spuren gepaarter Schwefelsäure handelt.

Nach dem Zusatz eines gleichen Volumens gesättigter Kochsalzlösung konnte beim Kochen eine Fällung erhalten werden.

Bei einem doppelt so grossen Gehalte der Verbindung an Chondroitinschwefelsäure wurde dasselbe Resultat erhalten.

Eine schwach alkalische Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung wurde nicht durch Eintragen von Kochsalz und nur unvollständig von Magnesiumsulfat gefällt. Fast vollständig wurde sie von 2 Volumen neutraler gesättigter Ammoniumsulfatlösung gefällt.

Die relative eiweissarme Verbindung wurde dagegen leichter durch Salze gefällt. Die Lösung derselben wurde theilweise durch Kochsalz in Substanz, fast vollständig durch Magnesiumsulfat und durch 2 Volumen einer gesättigten neutralen Ammoniumsulfatlösung gefällt.

Die verdünnte Lösung sowohl der eiweissarmen als der eiweissreichen Verbindung gab mit Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller) einen scharfen Eiweissring und einige Millimeter höher oben einen anderen Ring.

Durch mehrere Volumen Eisessig wurde die concentrirte Lösung opalescent. Eine verdünnte Lösung wurde gar nicht verändert.

Eine verdünnte Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung wurde mit Salzsäure in geringem Ueberschuss versetzt. Diese Lösung wurde durch Ferrocyankalium, Pikrinsäure nebst Citronensäure (Reagens von Esbach), Quecksilberjodid-Jodkalium, Sulfosalicylsäure, Metaphosphorsäure flockig gefällt. Mit Trichloressigsäure wurde eine starke Trübung erhalten. Sublimat gab keine Fällung; beim nachherigen Zusatz von Kochsalz entstand eine schwache Trübung.

Die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium gefällt.

Die relativ eiweissarme Verbindung verhielt sich in derselben Weise.

Um zu prüfen, ob die Eiweissverbindung im Harne aufgelöst vorkommen kann, wurde eine Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung zu einem normalen, stark sauren Harne (Eigengewicht = 1.023) bis zu einem Gehalt von 0.1 Procent gesetzt. Dabei entstand keine Trübung. Der Harn, welcher vorher keine Trübung bei Heller's Eiweissprobe gab, verhielt sich jetzt positiv gegen dieselbe; es entstand ein scharfer Eiweissring dicht oberhalb der Salpetersäure; einige Millimeter höher oben erschien ein anderer breiterer Ring. Nach dem Verdünnen der Flüssigkeit mit etwa 3 Volumen Wasser wurde bei der Heller'schen Probe eine diffuse Trübung erhalten, die sich von der Salpetersäure einige Millimeter aufwärts in den Harn erstreckte. (Eine ähnliche Erscheinung kann man oft bei der Untersuchung des Harns

oder der Lösung des aus normalem Harn erhaltenen Essigsäureniederschlages beobachten.)

Bei Zusatz einer geringen Menge von Essigsäure zum Harne entstand keine Trübung. Durch eine grössere Menge Essigsäure entstand eine schwache Trübung. Wenn der Harn verdünnt und dann mit Essigsäure versetzt wurde, entstand nur eine schwache Trübung.

Nachdem der Harn 24 Stunden lang dialysirt worden war, gab Essigsäure (bis 0.2 Procent) binnen Kurzem eine reichliche Fällung. (Das Filtrat wurde nicht durch Kochsalz gefällt; mit Serumalbumin gab es eine Trübung und dann eine flockige Fällung.)

Wenn derselbe Harn mit einer Eiweissverbindung, die doppelt so reich an Chondroitinschwefelsäure war, versetzt wurde, waren die Erscheinungen fast ganz dieselben; nur die Fällung für Serumalbumin war etwas reichlicher.

Die Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure kann also im Harne aufgelöst vorkommen. Die Eigenschaften derselben entsprechen auch denen der Niederschläge aus dem Harne. Da die Einwirkung der Salze auf die Fällbarkeit und Löslichkeit durch verschiedene Umstände (wie die Verdünnung, den relativen Gehalt der Verbindung an Eiweiss u. a.), über welche man nicht immer Herr werden kann, beeinflusst wird, so habe ich die Niederschläge aus dem Harne in dieser Hinsicht nur wenig untersucht.

In einer Versuchsreihe wurde die Fällung durch Essigsäure und Chloroform aus dialysirtem normalen Harn in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst; der Gehalt an Substanz betrug 0.25 Procent. Diese Lösung wurde mit verschiedenen Mengen von Kochsalz und mit Essigsäure bis 0.2 Procent versetzt. Bei einem Gehalt von 0.1 bis 0.4 Procent Kochsalz wurde die Abscheidung der Fällung erleichtert; 0.5 Procent Kochsalz waren ohne Einwirkung; bei 0.8 Procent Kochsalz wurde die Entstehung der Fällung verhindert, und es entstand nur eine Opalescenz; bei einem Gehalt von 4 Procent Kochsalz entstand sogar keine Opalescenz. Bei der Gegenwart einer reichlichen Salzmenge konnte jedoch eine Fällung durch mehr Essigsäure bewirkt werden.

Durch Eintragen von Magnesiumsulfat und durch 2 Volumen gesättigte neutrale Ammoniumsulfatlösung wurde die schwach alkalische Lösung (0.25 Procent Substanz) vollständig gefällt; durch Kochsalz in Substanz wurde sie dagegen nicht gefällt. Diese Eigenschaften stehen also, insoweit sie ermittelt wurden, mit dem Verhalten einer Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure im Einklang.

Auch im Uebrigen kann man bei den Eiweissfällungen aus dem Harn die Eigenschaften der Chondroitinschwefelsäureverbindung wiederfinden.

Wie oben gesagt, wurde beim Erhitzen der Fällungen aus dem Harn mit Salzsäure Schwefelsäure abgespalten. Dies war der Fall in allen Versuchen, welche in dieser Hinsicht ausgeführt wurden, und es gilt sowohl für die durch Essigsäure (0.2 Procent) nebst Chloroform im dialysirten Harne bewirkte Fällung, als auch für die Fällung, welche im Filtrate bei Zusatz von Blutserum oder Serumalbumin entsteht.

Bei mehreren Versuchen mit dem Harne von zwei Männern war das Resultat stets dasselbe; ebenso bei der Untersuchung je einer normalen Harnprobe (1 Liter) von 8 Männern. Auch in der Fällung durch Blutserum aus dem Harn von Weibern, der durch Catheter entleert worden war, konnte gepaarte Schwefelsäure nachgewiesen werden.

Auch die Fällung durch Essigsäure aus dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harn verhielt sich ebenso.

Bei diesen Untersuchungen konnte ich auch stets die Bildung einer Substanz nachweisen, welche alkalische Kupferoxydlösung reducirte.

Bei der Pepsindigestion der Lösungen in Salzsäure von den Fällungen aus dem Harne entstand ein Niederschlag. Auch diesen habe ich einigemale und zwar mit positivem Ergebniss auf gepaarte Schwefelsäure geprüft.

Gegen die oben angeführten eiweissfällenden Reagentien (die Probe nach Heller, Ferrocyankalium, das Reagens von Esbach, Quecksilberjodid-Jodkalium, Sulfosalicylsäure, Metaphosphorsäure) verhielt sich die durch Essigsäure bewirkte Fällung aus dialysirtem Harn ebenso wie die Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure.

Um die Gegenwart der Chondroitinschwefelsäure noch sicherer zu begründen, habe ich es versucht, die Säure möglichst rein darzustellen. Zu diesem Zwecke habe ich hauptsächlich den von Schmiedeberg angegebenen Weg befolgt.

In den mit einer künstlichen Verbindung des Eiweisses mit der Chondroitinschwefelsäure ausgeführten Versuchen erwies es sich als vortheilhaft, die Verbindung mit Pepsin<sup>1</sup> zu verdauen, wie es Schmiedeberg bei der Bearbeitung des Knorpels gethan hat. Man kann dadurch einen grossen Theil des Eiweisses entfernen, während ein ge-

<sup>1</sup> Es wurde gefunden, dass das angewandte Pepsin bei der Digestion mit Salzsäure oder Salzsäure nebst Serumalbumin oder Ovalbumin keine Fällung gab.

ringerer Theil des Eiweisses nebst der Chondroitinschwefelsäure und der Nucleinsäure als Fällung abgeschieden wird.

Diese Fällung wurde in überschüssiger Natronlauge gelöst und mit einer reichlichen Menge Kupferacetat versetzt. Die stark alkalische Lösung war durch Kupferverbindung des Eiweisses violett gefärbt; die Fällung enthielt Chondroitinschwefelsäure nebst Nucleinsäure und etwas Eiweiss. Um die Flüssigkeit leichter filtrirbar zu machen, habe ich etwa das gleiche Volumen Weingeist (88 Procent) zugesetzt. (Durch eine allzu grosse Menge Weingeist kann das Eiweiss ausgefällt werden.)

Die ausgefällte Kupferverbindung wurde mit verdünntem Weingeist gewaschen. Die Fällung wurde dann mit einer möglichst geringen Menge Salzsäure zersetzt und starker Weingeist in reichlicher Menge zugemischt.<sup>1</sup> Der entstandene Niederschlag wurde mit Weingeist ausgewaschen. Ein Theil der Chondroitinschwefelsäure kann sich dabei im Filtrat vorfinden. Das Filtrat wurde daher mit etwas Natronlauge versetzt, bis eine geringe Fällung von basischem Kupferchlorid entstand: diese wurde in derselben Weise mit Salzsäure und Weingeist zersetzt und der Rückstand mit dem vorher erhaltenen vereinigt.

Um das Eiweiss möglichst vollständig zu entfernen, wurde die Fällung mit Kupferacetat aus der alkalischen Lösung u. s. w. wiederholt, bis in dieser Weise kein Eiweiss mehr entfernt werden konnte.

Der zuletzt erhaltene, mit Weingeist gewaschene Rückstand wurde zwischen Filtrirpapier gepresst und mit Wasser ausgezogen. (Ein dabei ungelöster Rest enthielt Eiweiss, Chondroitinschwefelsäure und Nucleinsäure.) Durch sorgfältiges Filtriren wurde ein klares Filtrat erhalten, das durch Weingeist und einen Tropfen Kochsalzlösung gefällt wurde. Die gallertige Fällung wurde in Wasser gelöst und noch einmal mit Weingeist (und Kochsalz) gefällt.

Die beschriebene Methode ist nicht leicht zu handhaben. Das Resultat ist im hohen Grade von der Ausführung derselben (wie dem Abmessen der Reagentien) abhängig. Es ist mir auch nicht in allen Versuchen gelungen, so weit zu kommen, als ich wünschte; in einigen Versuchen dagegen war der Erfolg gut, ja ich darf sagen, besser als ich hoffen konnte.

Die Bestimmungen des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden nach Frankland-Klingemann in der von mir oben angegebenen Weise ausgeführt. Da in diesen Versuchen oft eine nur ganz geringe Substanzmenge erhalten werden konnte, so war diese Analysenmethode

---

<sup>1</sup> Versuche, die Salzsäure und das Kupfer durch Dialyse zu entfernen, erwiesen sich nicht vortheilhaft.

sehr werthvoll. Der Schwefel wurde gewöhnlich nach Liebig bestimmt. Die gepaarte Schwefelsäure wurde bei der Abwesenheit der Sulfate durch Kochen mit reiner Schwefelsäure abgespalten und im Filtrat durch Chlorbaryum gefällt, nachdem die Salzsäure zum Theil durch Ammoniak gesättigt worden war.

I. In einem qualitativen Versuche mit dem vorher erwähnten, schwach eiweisshaltigen Harn wurden 13 Liter dialysirt und mit Essigsäure (bis 0.2 Procent) gefällt. Der mit Alkohol und Aether gewaschene und dann getrocknete Niederschlag wog 1 g. Nach dem oben angegebenen Verfahren (in diesem Versuche mit einigen Abänderungen) wurde eine in Wasser leicht lösliche, in Weingeist unlösliche Substanz erhalten. Sie gab nicht die Biuretreaction. Ein wenig präformirte Schwefelsäure war zugegen, welche entfernt wurde. Beim halbstündigen Erhitzen mit Salzsäure (5 Procent) wurde eine ziemlich reichliche Menge Schwefelsäure abgespalten. Nach dem Erhitzen reducirte die Lösung eine alkalische Kupferoxydlösung zwar etwas träge, aber doch reichlich. Nach dem Erhitzen war die Lösung rechtsdrehend.

Diese Eigenschaften stimmen mit denen der Chondrottinschwefelsäure.

II. In einem Versuche mit normalem Harn wurden 90 Liter des dialysirten Harns mit Essigsäure und Chloroform gefällt; das Filtrat wurde mit Blutserum gefällt. Diese Fällung wurde mit der aus 50 Liter nicht dialysirten Harns durch Essigsäure unter Schütteln mit Chloroform erhaltenen Fällung vereinigt, dann mit Pepsin und Salzsäure verdaut und, wie oben beschrieben, behandelt. Hierbei wurde auch das Filtrat von der bei der Digestion entstandenen Fällung untersucht.

Das Filtrat von der bei der Verdauung erhaltenen Fällung wurde in ähnlicher Weise bearbeitet (Fällen mit Kupferacetat u. s. w.). Es wurde erhalten eine geringe Menge (0.2 g) von einer braunen Substanz, welche in Wasser löslich war. Die Lösung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, welche beim Kochen roth wurde. Eiweisskörper (wahrscheinlich Albumosen) waren also zugegen. Beim Erhitzen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten, und zugleich entstand eine reducirende Substanz. Die durch Essigsäure angesäuerte Lösung fällte eine angesäuerte Leimlösung. Durch mehrere Volumen Eisessig wurde die Wasserlösung getrübt und setzte dann eine Fällung ab.

Diese Reactionen zeigen die Gegenwart von Chondrottinschwefelsäure an. Diese kann jedoch nicht die Hauptmasse der Fällung ausgemacht haben. Die Analyse gab nämlich folgendes Ergebniss. Die Asche (hauptsächlich Kupferoxyd) betrug 8 Procent. Bei der Schwefelbestimmung gaben 78.3 mg der Substanz (als aschenfrei berechnet)

11.5<sup>mg</sup> Baryumsulfat, woraus sich 1.9 Procent Schwefel berechnet. Die Bestimmung des Phosphors im Filtrat von dem Baryumsulfat gab 14.2<sup>mg</sup> Molybdenfällung oder 0.3 Procent Phosphor. Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (in 56.2<sup>mg</sup> der als aschenfrei berechneten Substanz) gab 46 Procent C und 7.3 Procent N.

Bei diesem Schwefelgehalt kann die Chondroitinschwefelsäure höchstens  $\frac{1}{3}$  ausgemacht haben. Daneben fanden sich Eiweiss und wahrscheinlich etwas Nucleinsäure vor. Ausserdem muss die Substanz einen anderen Stoff, der arm an Kohlenstoff und Stickstoff war, enthalten haben. Dieser Stoff kann Chondroitin oder eine Gummiart gewesen sein. Wahrscheinlich war es eine Gummiart, die von dem Pepsin herstammte, da ich bei Untersuchung des Pepsins (etwa  $\frac{1}{3}$  von der zum Versuche verwendeten Menge) nach derselben Methode ein wenig Gummi darstellen konnte.

Ausser den Reactionen der Chondroitinschwefelsäure hat dieser Versuch ein anderes Ergebniss geliefert, weshalb ich die Ziffern mittheile. Da nämlich die geringe Menge Gummi, welche wahrscheinlich zugegen war, aus einem Gummigehalt des Pepsins sich erklärt, so war die Eiweissfällung selbst wahrscheinlich frei von einer derartigen Substanz.

Die bei der Digestion entstandene Fällung wurde in oben beschriebener Weise bearbeitet.<sup>1</sup> Ich erhielt 0.15<sup>g</sup> Substanz. Sie war frei von Chlor und präformirter Schwefelsäure.

Die Bestimmung der Asche in 42<sup>mg</sup> gab 4.9<sup>mg</sup>  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  und 1.5<sup>mg</sup>  $\text{CuO}$ , woraus sich 3 Procent Cu und 4 Procent Na berechnen.

Eine verdünnte, mit Essigsäure versetzte Wasserlösung wurde beim Zusatz von einer ebenfalls angesäuerten Leimlösung gefällt.

Eine ziemlich verdünnte Wasserlösung gab beim Zusatz von mehreren Volumen Eisessig einen flockigen, gallertigen Niederschlag.

Beim Erwärmen der Lösung nach Zusatz von Salzsäure und Chlorbaryum entstand durch Abspaltung von Schwefelsäure eine Fällung von Baryumsulfat.

Die Lösung in Wasser reducirte eine alkalische Kupferoxydlösung nur dann, wenn der Ueberschuss an Lauge und Kupferoxyd sehr bedeutend war, in welchem Falle eine geringe Reduction allmählich eintrat.

<sup>1</sup> Der beim Auslösen der Weingeistfällung mit Wasser ungelöste Rückstand wurde mit etwas Lauge gelöst und mit einigen Volumen Weingeist sowie mit Salzsäure bis 0.1 Procent versetzt. Die dann entstandene Fällung enthielt 2.1 Procent Schwefel und 0.6 Procent Phosphor (S. 376).

Nach dem Erhitzen mit Salzsäure wurde dagegen ziemlich schnell eine starke Reduction erhalten.<sup>1</sup>

Die Lösung gab also die Reactionen, durch welche die Chondroitinschwefelsäure gekennzeichnet ist. Die Analyse zeigte auch, dass die Hauptmasse der Substanz aus Chondroitinschwefelsäure bestand.

Bei der Bestimmung des Schwefels geschah die Verbrennung bei Gegenwart von Baryumhydrat und Ammoniumnitrat. Es wurde dadurch möglich, die Asche (Natrium und Kupfer) zu bestimmen. Die verwendete Substanz war 42.0 mg (bei 110° getrocknet) oder nach Abzug des Natriums und des Kupfers = 39.1 mg. Daraus wurden erhalten 13.3 mg Baryumsulfat, was einem Schwefelgehalt von 4.7 Procent entspricht.

Das Präparat war fast völlig frei von Phosphor.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 48.5 mg des (bei 110° getrockneten) Präparates oder nach Abzug des Kupfers und des Natriums 45.1 mg verwandt. Daraus erhielt ich 33.62 cc Kohlensäure gleich 40.2 Procent Kohlenstoff, und 1.93 cc Stickstoff ( $N_2 = 1.75$  cc;  $NO/2 = 0.18$  cc), was 5.4 Procent Stickstoff entspricht.

Die Chondroitinschwefelsäure hat, nach der von Schmiedeberg angegebenen Formel berechnet, die Zusammensetzung C = 38.49 Procent; N = 2.50 Procent, S = 5.7 Procent.

Das Präparat bestand zwar nicht aus reiner Chondroitinschwefelsäure, sondern war mit einer kohlen- und stickstoffreicheren Substanz (Eiweiss) vermischt. Die Ziffern nähern sich jedoch auffallend denen der Chondroitinschwefelsäure, und die Analyse bestätigt den Ausschlag der qualitativen Reactionen und zeigt, dass die Hauptmenge aus Chondroitinschwefelsäure bestand. (Ein Gemenge aus 1 Theil Serumalbumin und 4 Theilen Chondroitinschwefelsäure würde der Berechnung nach 41.5 Procent C, 5.2 Procent N und 4.9 Procent S enthalten. Im untersuchten Präparat wurden 40.2 Procent C, 5.4 Procent N und 4.7 Procent S gefunden.)

III. In einem dritten Versuche, wo der vorher erwähnte schwach eiweisshaltige Harn bearbeitet wurde, fand ich Analysenzahlen, die mit denen der Chondroitinschwefelsäure so nahe übereinstimmen, als man es im vorliegenden Falle erwarten kann.

Dabei wurden 39 Liter Harn dialysirt und mit Essigsäure (bis 0.2 Procent) gefällt. Der Niederschlag wurde gewaschen, in Wasser

<sup>2</sup> Bei dieser wie in den übrigen derartigen Untersuchungen wurde geprüft, ob die Natronlauge und das Seignettsalz eine Reduction der Kupferoxydlösung bewirkten, was nicht der Fall war.



mit etwas Ammoniak gelöst, mit Essigsäure gefällt, gewaschen, mit Alkohol und Aether behandelt und dann getrocknet. Ich erhielt 2.7<sup>mg</sup> Substanz. Diese wurde zu einigen qualitativen Proben benutzt und zu einer unten mitzutheilenden Analyse verwandt. Sie enthielt 0.2 Procent Phosphor, was der Nucleinsäure zuzuschreiben ist.

Etwas mehr als 1.5<sup>mg</sup> wurde zur Darstellung der Chondroitinschwefelsäure nach der oben beschriebenen Methode benutzt.<sup>1</sup> Auch in diesem Falle war die Weingeistfällung nur zum Theil in Wasser löslich. Leider wurde der Phosphorgehalt des unlöslichen Rückstandes nicht bestimmt; bei der qualitativen Untersuchung wurde aber eine sehr starke Reaction erhalten; der Rückstand war also wahrscheinlich ziemlich reich an Nucleinsäure.

Das zuletzt erhaltene Chondroitinschwefelsäurepräparat war in Wasser mit ziemlich stark saurer Reaction löslich. Diese Lösung gab die qualitativen Reactionen der Chondroitinschwefelsäure.

Beim Zusatz von mehreren Volumen Eisessig entstand eine flockige, gallertige Fällung, welche sich beim Zusatz von Wasser leicht löste.

Die mit Essigsäure versetzte Lösung gab mit einer essigsäurehaltigen Leimlösung einen flockigen, klebrigen Niederschlag.

Die Lösung war frei von präformirter Schwefelsäure. Nach dem Zusatz von Chlorbaryum und Salzsäure (bis 3 Procent) entstand beim Erwärmen, ohne dass die Flüssigkeit braun gefärbt wurde, eine ziemlich reichliche Fällung von Baryumsulfat. Die Schwefelsäure desselben wurde durch Schmelzen mit reinem Soda, Auslösen mit Wasser und Prüfung der angesäuerten Lösung mit Chlorbaryum identificirt.

Die Lösung reducirte eine alkalische Kupferoxydlösung nicht. Nach dem Erhitzen mit Salzsäure entstand ziemlich schnell eine schöne und reichliche Reduction der alkalischen Kupferoxydlösung.

Die Lösung verhielt sich negativ gegen Millon's Reagens. Sie wurde noch einmal mit Weingeist nebst etwas Kochsalz gefällt. Die getrocknete Fällung wog 64<sup>mg</sup>.

Zur Aschenanalyse stand nur eine geringe Menge zur Verfügung. Aus 11.6<sup>mg</sup> der bei 110° getrockneten Substanz wurde 1.7<sup>mg</sup> Asche erhalten, die sich in Wasser mit neutraler Reaction löste; dabei blieb 0.1<sup>mg</sup> CuO ungelöst; die Asche bestand übrigens aus Natriumsulfat. Nach dem Fällern mit Chlorbaryum wurden 2.4<sup>mg</sup> Baryumsulfat er-

---

<sup>1</sup> Das Filtrat von der bei der Pepsindigestion entstandenen Fällung wurde neutralisirt und mit Blutserum und Essigsäure gefällt. Diese Fällung war sehr gering. Da sie etwas gepaarte Schwefelsäure und Phosphor enthielt, kann keine nennenswerthe Menge von einer anderen eiweissfällenden Substanz wie Chondroitinschwefelsäure und Nucleinsäure zugegen gewesen sein.

halten, was 1.5<sup>mg</sup> Natriumsulfat entspricht (die lösliche Asche betrug 1.6<sup>mg</sup>). Man kann daraus berechnen, dass die Menge des Kupfers und des Natriums zusammen 5 Procent betrug.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 46.8<sup>mg</sup> der getrockneten Substanz verwendet. Nach Abzug des Kupfers und Natriums entspricht dies 44.8<sup>mg</sup>. Daraus erhielt ich 28.85<sup>ccm</sup> Kohlensäure, was 35.0 Procent Kohlenstoff entspricht, und 1.34<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 0.98^{\text{ccm}}$  und  $NO/2 = 0.36^{\text{ccm}}$ ), was 3.8 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Beurtheilung der Resultate ist zu bemerken, dass die Substanz etwas Nucleinsäure enthielt, was aus einem geringen Phosphorgehalt hervorgeht. Die Nucleinsäure ist viel reicher an Stickstoff und kann an Kohlenstoff ärmer als die Chondroitinschwefelsäure sein.<sup>1</sup> Ferner sind die Schwierigkeiten zu erwähnen, welche bei der Darstellung und Analysirung der Chondroitinschwefelsäure bestehen, welche Schwierigkeiten bei Untersuchung des an Chondroitinschwefelsäure reichen Knorpels sich sehr fühlbar machen, wie Schmiedeberg hervorhebt, und welche natürlich bei diesen Untersuchungen noch weniger vermieden werden konnten.

Nach der von Schmiedeberg aufgestellten Formel der Chondroitinschwefelsäure beträgt der Kohlenstoff = 38.49 Procent und der Stickstoff = 2.50 Procent. Bei der Analyse der aus dem Trachealknorpel dargestellten Chondroitinschwefelsäure fand C. Th. Mörner 35.28 Procent Kohlenstoff und 3.15 Procent Stickstoff.

Diese Analyse des Präparates aus dem Harne gab 35.0 Procent Kohlenstoff und 3.8 Procent Stickstoff.

Die qualitativen Reactionen und die Analysenresultate lassen es als unzweifelhaft erscheinen, dass die Substanz aus Chondroitinschwefelsäure (nebst einer geringen Menge fremder Stoffe, wie Nucleinsäure) bestand.

IV. Um dies Ergebniss noch sicherer zu stellen, habe ich einen vergleichenden Versuch gemacht, wo einige Liter des normalen Harns mit der Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure versetzt wurden. Der Harn wurde dann dialysirt, mit Essigsäure (bis 0.2 Procent) gefällt und der Niederschlag in der angegebenen Weise auf Chondroitinschwefelsäure bearbeitet. Dabei war die erhaltene Weingeistfällung in

<sup>1</sup> Nach den von Kossel (*Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1891. S. 184 und 1893. S. 157—164) angegebenen Formeln der Nucleinsäure enthält die aus Hefe dargestellte Säure Kohlenstoff = 34.0 bis 34.3 Procent; Stickstoff = 14.0 bis 14.4 Procent; Phosphor = 10.3 bis 10.6 Procent, und die Leuconucleinsäure Kohlenstoff = 39.8 Procent; Stickstoff = 13.95 Procent, Phosphor = 10.30 Procent.

Wasser fast vollständig löslich (Nucleinsäure war nicht in nennenswerther Menge zugegen). Die Menge der erhaltenen Substanz betrug 80<sup>mg</sup>.

Die Aschenbestimmung in 23.5<sup>mg</sup> (wie im vorigen Versuche ausgeführt) gab  $\text{Cu} + \text{Na} = 4$  Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 55.9<sup>mg</sup> bei 110° getrockneter Substanz verwendet. Nach Abzug des Kupfers und des Natriums war die Menge = 53.7<sup>mg</sup>. Daraus erhielt ich 36.0<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 36.1 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 1.52<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $\text{N}_2 = 1.26$ <sup>ccm</sup> und  $\text{NO}/2 = 0.26$ <sup>ccm</sup>), was 3.6 Procent Stickstoff entspricht.

In dem vorigen Versuche erhielt ich 35.0 Procent Kohlenstoff und 3.8 Procent Stickstoff. Durch diesen vergleichenden Versuch wurde also die Gegenwart der Chondroitinschwefelsäure im vorigen Versuche noch sicherer gestellt.

Um zu ermitteln, wo unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns die Chondroitinschwefelsäure eingereiht werden soll, habe ich einige Analysen der aus dem Harne dargestellten Fällungen ausgeführt.

V. Normaler Harn (28 Liter) wurde dialysirt und mit Essigsäure (0.2 Procent) nebst Chloroform gefällt. Das Filtrat wurde mit einer Lösung von reinem Serumalbumin<sup>1</sup> (0.25 % des Albumins zu je 1 Liter) gefällt. Der Niederschlag wurde gesammelt und gewaschen, in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure wieder gefällt. Die Substanz wurde noch einmal mit Essigsäure aus Wasserlösung gefällt, mit Alkohol und mit Aether behandelt und dann getrocknet. Es wurde 1 $\frac{1}{2}$  % erhalten.

Die Lösung in Wasser mit etwas Ammoniak gab die Reaction von Millon. Ihr Verhalten beim Kochen, gegen Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller), gegen die eiweissfällenden Reagentien, gegen Eisessig und bei der Pepsinverdauung war, wie oben für die Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure beschrieben worden ist. Eine alkalische Kupferoxydlösung wurde nicht reducirt, wenn nicht ein grosser Ueberschuss an Alkali und Kupferoxyd zugegen war, in welchem Falle eine schwache Reduction allmählich eintrat. Nach dem Kochen mit Salzsäure, bei welchem Schwefelsäure abgespalten ward, wurde dagegen bald eine schöne Reduction erhalten.

Die Substanz war fast völlig aschenfrei.

<sup>1</sup> Aus Pferdeblutserum nach J. E. Johansson dargestellt.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden 92·8<sup>mg</sup> der bei 110° getrockneten Substanz verwendet. Daraus erhielt ich 88·35<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 51·36 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 10·57<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 8·63$ <sup>ccm</sup> und  $NO/2 = 1·94$ <sup>ccm</sup>), was 14·32 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0·7104<sup>g</sup> der bei 110° getrockneten Substanz benutzt. Sie wurde mit Wasser und etwas Ammoniak eingeweicht, dann mit reiner Salzsäure (bis 5 Procent) versetzt und 2 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt. Die Mischung wurde dann mit Chlorbaryum versetzt und mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht. Ausgefälltes Eiweiss löste sich dann auf. Der Niederschlag wurde gewaschen und getrocknet; das Filtrum wurde verbrannt und die Asche mit Soda und ein wenig Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wurde mit Wasser ausgelaugt. In dieser Lösung wurde die Schwefelsäure bestimmt, wobei 25·7<sup>mg</sup> Baryumsulfat erhalten wurden, was 0·50 Procent Schwefel in der Form gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Zur Bestimmung der Totalmenge des Schwefels (nach Liebig) wurden 0·3922<sup>g</sup> der getrockneten Substanz verwendet. Es wurden 62·2<sup>mg</sup> Baryumsulfat erhalten, was einem Gehalt von 2·18 Procent Schwefel entspricht.

In den Filtraten von den Baryumsulfatfällungen wurde die Phosphorsäure bestimmt. Ich erhielt nur 1·7<sup>mg</sup> Magnesiumpyrophosphat, was (für die angewandte Substanzmenge = 1·1026<sup>g</sup>) 0·04 Procent Phosphor entspricht.

Ein Theil des zur Fällung benutzten Eiweisses wurde analysirt. Die Lösung desselben wurde durch Kochen coagulirt, mit Wasser und Alkohol gewaschen, mit Aether behandelt und dann getrocknet.

Der Aschengehalt war 0·1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 95·9<sup>mg</sup> der als aschenfrei berechneten, bei 110° getrockneten Substanz verwendet. Daraus erhielt ich 94·80<sup>ccm</sup> Kohlensäure, 53·33 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 12·21<sup>ccm</sup> Stickstoff ( $N_2 = 10·17$ <sup>ccm</sup> und  $NO/2 = 2·04$ <sup>ccm</sup>), was 16·01 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung des Schwefels wurden 1·7780<sup>g</sup> der (aschenfreien, getrockneten) Substanz benutzt. Daraus wurden 0·2232<sup>g</sup> Baryumsulfat erhalten, was 1·72 Procent Schwefel entspricht.

In der folgenden Tabelle werden diese gefundenen Werthe mit der nach Schmiedeberg's Formel berechneten Zusammensetzung der Chondroitinschwefelsäure und der berechneten Zusammensetzung einer Verbindung von 12 Procent Chondroitinschwefelsäure und 88 Procent des Serumalbumins zusammengestellt.

	Chondroitin- schwefelsäure	Angewandtes Serum- albumin	Verbindung von 12 Proc. Chondroitin- schwefelsäure und 88 Proc. Serum- albumin	Aus dem Harn erhaltene Fällung
	%	%	%	%
Kohlenstoff . . . . .	38.50	53.33	51.55	51.36
Stickstoff . . . . .	2.50	16.01	14.39	14.32
Schwefel . . . . .	5.70	1.72	2.20	2.18
Schwefel in Form von gepaarter Schwefel- säure . . . . .	5.70	—	0.68	0.50
Phosphor . . . . .	—	—	—	0.04

Die Uebereinstimmung zwischen der Zusammensetzung der Fällung aus dem Harn und der berechneten Zusammensetzung einer Verbindung von 12 Procent Chondroitinschwefelsäure und 88 Procent des zur Fällung benutzten Serumalbumins ist eine so gute, dass man (unter Berücksichtigung des oben Gesagten) sicher annehmen kann, dass die Fällung für Serumalbumin aus dem Harn hauptsächlich aus einer Verbindung dieser Stoffe in etwa diesem Verhältnisse bestanden hat.

Ich habe ferner die Zusammensetzung der Fällungen aus dem oben mehrmals erwähnten „schwach eiweisshaltigen“ Harn bestimmt.

Ich will jetzt die Eigenschaften dieses Harnes etwas näher schildern.

Nach durchgemachter Scarlatina schied diese Person andauernd einen Eiweisskörper mit dem Harn aus. Unter Beibehaltung der Bettlage sistirte die Ausscheidung.

Bei Untersuchung des durch die Centrifuge gesammelten Sedimentes aus einer grösseren Harnprobe (150 bis 400 <sup>cem</sup>) konnte ich einigemal keine Nierencylinder beobachten. Einmal wurden einige feinkörnige Cylinder wahrgenommen. Nierenepithel war nicht zu sehen.

Seiner Natur nach wäre der Eiweisskörper, den früheren Beschreibungen gemäss, als „aufgelöstes Mucin“, „mucinähnliche Substanz“, oder „Nuclealbumin“ zu bezeichnen.

Während der 2 1/2 Monate, da ich den Harn sammelte, verhielt sich derselbe jedoch nicht immer gleich.

Bei Ausführung der Eiweissprobe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller) wurden zwei Ringe erhalten. Der eine lag in der Berührungsstelle zwischen der Säure und dem Harn. Der andere befand sich etwa 1/2 bis 1 <sup>cm</sup> höher. Bisweilen war der untere Ring undeutlich. Wenn der Harn vor der Ausführung der Probe mit einigen Volumen Wasser verdünnt worden war, trat der obere Ring stärker hervor. Der untere Ring wurde dann bisweilen vermisst.

Beim Aufkochen des sauren Harns wurde eine schwache Trübung erhalten, die durch Zusatz von Essigsäure vermehrt wurde. Es entstand dann eine flockige Fällung. Bisweilen war der Zusatz von Essigsäure ohne Erfolg.

Durch Zusatz von Essigsäure wurde der Harn in der Kälte getrübt; bisweilen jedoch nicht. Nach dem Verdünnen des Harns mit destillirtem Wasser gab die Essigsäure eine Trübung oder eine Fällung; die Fällung war in überschüssiger Essigsäure schwer löslich.

Nach der Dialyse wurde durch Zusatz von Essigsäure bis 0.2 Procent eine Fällung (ohne Schütteln mit Chloroform) bewirkt. Das Filtrat von dieser Fällung enthielt bisweilen ein wenig Eiweiss; es gab dann bei der Heller'schen Probe nur einen Ring, nämlich den unteren. Bisweilen war das Filtrat frei von Eiweiss; es wurde dann nicht selten beobachtet, dass Blutserum eine Fällung hervorrief.

Die durch Essigsäure in dem dialysirten Harn hervorgerufene Fällung betreffend habe ich schon ausgeführt, dass die Lösung derselben in Salzsäure (0.2 Procent) bei der Pepsindigestion einen Niederschlag abschied, und dass dieser Niederschlag ebenso wie die ursprüngliche Fällung Phosphor enthielt. Ich habe ferner zweimal Nucleinbasen in derselben nachgewiesen. Weiter habe ich die Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure und die Bildung einer reducirenden Substanz beim Kochen mit Salzsäure hervorgehoben. Schliesslich habe ich aus dieser Fällung fast reine Chondroitinschwefelsäure dargestellt.

Ich habe also in dieser Fällung die Gegenwart von Chondroitinschwefelsäure und von Nucleinsäure dargethan.

Ogleich dieser Harn nicht normal war, habe ich diese Beobachtungen dennoch mitgetheilt, weil sie die bei Untersuchung des normalen Harns gefundenen Ergebnisse bestätigen und ergänzen. Aus demselben Grunde theile ich auch die Resultate der folgenden Analysen mit.

VI. Die aus 8.7 Liter des schwach eiweisshaltigen Harns erhaltene Fällung wurde analysirt. Sie enthielt 0.8 Procent Asche.

Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl-Wilfarth bestimmt. Das Ammoniak aus 0.1327 g der bei 110° getrockneten Fällung (als aschenfrei berechnet) sättigte 12.8 ccm Säure N/10, was 13.49 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0.4654 g der getrockneten, aschenfreien Substanz mit Ammoniak durch Erwärmen gelöst. Die Lösung wurde mit Salzsäure bis zu 2 1/2 Procent und mit Chlorbaryum versetzt, und dann 4 Stunden lang auf dem Wasserbade erwärmt. Die Flüssigkeit wurde darauf mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht, wobei ausgefällte Eiweissstoffe gelöst wurden und das Baryumsulfat fast rein zurückblieb. Dieses wurde gewaschen, mit Soda und etwas Salpeter umgeschmolzen, und dann die Schwefelsäure be-

stimmt. Ich erhielt dabei  $32.2 \text{ mg}$  Baryumsulfat, was 0.95 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Die Fällung enthielt etwas, aber nicht viel Phosphor.

Ein Gehalt von 0.95 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure würde 16 Procent Chondroitinschwefelsäure und 84 Procent Serumalbumin entsprechen. Eine solche Verbindung würde 13.76 Procent Stickstoff enthalten, während ich in der Fällung 13.49 Procent fand.

Auch hier kann man aus den Ergebnissen der Analyse und aus der Geringfügigkeit des Phosphorgehaltes schliessen, dass die Fällung hauptsächlich aus einer Verbindung der Chondroitinschwefelsäure mit Serumalbumin (hier in dem Verhältniss von etwa 1:5) bestand.

**VII.** Von einem anderen Präparat der Essigsäurefällung aus demselben Harne, welches durch wiederholtes Auflösen und Ausfällen gereinigt und mit Alkohol und Aether<sup>1</sup> behandelt worden war, wurde ein Theil zur Darstellung der Chondroitinschwefelsäure verwendet (S. 389). Der übrige Theil wurde zu einigen qualitativen Versuchen und zur Analyse gebraucht.

Die Lösung des Präparates gab eine schöne Reaction mit Millon's Reagens. Bei der Probe nach Heller wurde in der verdünnten Lösung ein scharfer Eiweissring erhalten und etwa  $1\frac{1}{2} \text{ cm}$  weiter oben ein anderer Ring. Die durch Essigsäure bewirkte Fällung war in einem Ueberschuss ziemlich schwer löslich, so dass sie bei allmählichem Zusatz eines gleichen Volumens 25 procentiger Essigsäure nicht gelöst wurde; bei raschem Zusatz der Säure wurde sie leichter gelöst. Bei Pepsindigestion der Lösung in Salzsäure (0.2 Procent) entstand eine Fällung. Beim Erhitzen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten.

Das Präparat war frei von präformirter Schwefelsäure. Es enthielt 1.2 Procent Asche.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden  $73.4 \text{ mg}$  der bei  $110^{\circ}$  getrockneten aschefreien Substanz gebraucht. Daraus erhielt ich  $70.01 \text{ cm}$  Kohlensäure, 51.36 Procent Kohlenstoff entsprechend, und  $8.35 \text{ cm}$  Stickstoff ( $N_2 = 7.03 \text{ cm}$  und  $NO/2 = 1.32 \text{ cm}$ ), was 14.3 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung des Schwefels wurden  $0.5363 \text{ g}$  der getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz verarbeitet. Dabei wurden  $91.7 \text{ mg}$  Baryumsulfat erhalten, was 2.34 Procent Schwefel entspricht.

<sup>1</sup> Die Alkohol-Aetherlösung enthielt kaum Spuren von Phosphor.

Die Bestimmung der Phosphorsäure im Filtrate vom Baryumsulfat gab 3.7<sup>ms</sup> Magnesiumpyrophosphat, was 0.2 Procent Phosphor entspricht.

Diese Ziffern werden mit den Werthen zusammengestellt, welche bei der Analyse der aus normalem Harn durch Serumalbumin (nach vorheriger Dialyse und Fällung mit Essigsäure nebst Chloroform) bewirkten Fällung erhalten wurden (S. 394).

	Fällung durch Essigsäure aus dem eiweisshaltigen Harn %	Fällung durch Serumalbumin aus normalem Harn %
Kohlenstoff . . . . .	51.36	51.36
Stickstoff . . . . .	14.13	14.32
Schwefel . . . . .	2.34	2.18
Schwefel in Form von gepaarter Schwefelsäure	—	0.50
Phosphor . . . . .	0.2	0.04

Aus oben angeführten Gründen kann man als sicher annehmen, dass die letzterwähnte Fällung hauptsächlich aus einer Verbindung von Chondroitinschwefelsäure mit dem zugesetzten Serumalbumin etwa in dem Verhältniss von 1:7 bestand. Daneben fanden sich wahrscheinlich Spuren von Nucleinsäure vor.

In der aus dem „schwach eiweisshaltigen“ Harn durch Essigsäure bewirkten Fällung wurde freilich die gepaarte Schwefelsäure nicht bestimmt. Da sie jedoch leicht nachweisbar war, und da Chondroitinschwefelsäure aus der Fällung dargestellt wurde, liegt kein Grund vor, in dieser Hinsicht eine Verschiedenheit der beiden Präparate anzunehmen. Die ausgeführten Analysen zeigen eine so grosse Uebereinstimmung der beiden Präparate, dass auch für die eben besprochene Fällung eine Verbindung der Chondroitinschwefelsäure mit Serumalbumin<sup>1</sup> als hauptsächlichster Bestandtheil angenommen werden darf.

Ich habe bereits oben auf die Untersuchungen über das Vorkommen der Chondroitinschwefelsäure im Organismus hingewiesen.

<sup>1</sup> Der Schwefelgehalt des Serumglobins (1.11 Procent) ist so viel geringer, als der des Serumalbumins (1.72), dass die Gegenwart einer nennenswerthen Menge von Serumglobulin den Schwefelgehalt merklich niedriger gemacht hätte.



Sie wurde in allen bisher untersuchten Knorpeln wiedergefunden: weiter wurde sie in der Intima der groben Arterien und in der amyloid-degenerirten Leber nachgewiesen. Mit negativem Ergebniss wurde sie in anderen Organen, wie Knochen, Synovia, Sehnen, Muskeln, im Blut- und in verschiedenen drüsigen Organen, worunter auch in den Nieren, nachgesucht.

Da ich nachgewiesen habe, dass die Chondroitinschwefelsäure ein normaler Harnbestandtheil ist, schien es mir nahe zu liegen, die Nieren zu untersuchen. Zu dieser Untersuchung habe ich die Nieren des Rindes verwendet. Die Nierenkapsel und die Gewebe im Hilus wurden völlig entfernt. In der rückständigen Nierensubstanz habe ich die Chondroitinschwefelsäure unzweideutig nachweisen können.

Im ersten Versuche wurde das Mark von sechs Rindernieren zerhackt, mit Wasser und dann mit Wasser nebst Ammoniak ausgelaugt. Die trübe ammoniakalische Lösung wurde durch Essigsäure gefällt; der Niederschlag wurde mit Alkohol und dann mit Aether behandelt, dann mit Wasser und etwas Ammoniak ausgelaugt; die erhaltene Lösung wurde mit Essigsäure gefällt.

Ein Theil der so erhaltenen Substanz wurde mit Natronlauge in reichlichem Ueberschuss gelöst. Nach einer kurzen Weile wurde die Flüssigkeit neutralisirt und dann filtrirt. Das Filtrat wurde mit Salzsäure und Weingeist gefällt.<sup>1</sup> Ich erhielt dabei eine unbedeutende Fällung, welche in Wasser gelöst wurde.

Ein Theil dieser Lösung gab keine Trübung mit Chlorbaryum. Nach dem Zusatz von reiner Salzsäure und Erhitzen auf dem Wasserbade wurde eine ziemlich reichliche Fällung erhalten.

Ein anderer Theil der Lösung wurde erst mit Salzsäure erwärmt, filtrirt und dann mit Chlorbaryum versetzt. Der dabei entstandene ziemlich reichliche Niederschlag wurde durch Umschmelzen mit Soda und Prüfung auf Schwefelsäure als Baryumsulfat identificirt.

Ein anderer Theil (0.65 g) des Präparates aus dem Nierenmarke wurde mit Ammoniak gelöst und mit Pepsin und Salzsäure digerirt. Der dabei entstandene Niederschlag wurde, wie oben (S. 385—386) beschrieben, durch Fällen mit Kupferacetat auf Chondroitinschwefelsäure bearbeitet. (Die Kupferfällung wurde jedoch durch Dialyse unter Zusatz von Salzsäure zersetzt.) Sowohl in der im Dialysator befindlichen Lösung, als in dem bei der Dialyse entstandenen Niederschlag konnte ich eine gar nicht unbedeutende Menge gepaarter Schwefelsäure

---

<sup>1</sup> Ich befolgte also hierbei hauptsächlich den von Altmann zur Darstellung der Nucleinsäure angegebenen Weg.

nachweisen. Auch konnte ich nachweisen, dass sich ein reducirender Körper beim Kochen mit Salzsäure bildete, weiter, dass die durch Essigsäure angesäuerte Lösung eine ebenfalls angesäuerte Leimlösung fällte, und dass sie durch Zusatz von mehreren Volumen Eisessig gefällt wurde.<sup>1</sup>

In einem zweiten Versuche wurde ein Präparat in derselben Weise aus der Rinde der Nieren dargestellt. Auch in diesem konnte ich nach dem Fälln mit Kupferacetat u. s. w. die Gegenwart gepaarter Schwefelsäure nachweisen.

In einem dritten Versuche wurde ein kürzerer Weg eingeschlagen. Zwei Rindernieren wurden fein zerhackt und einige Tage mit Weingeist behandelt. Die Hauptmasse des Eiweisses wurde dabei unlöslich. Die Substanz wurde dann mit Aether behandelt, darauf mit Ammoniak von 0.02 Procent ausgelaugt und die Lösung mit Essigsäure gefällt. Diese Fällung wurde in Salzsäure (0.2 Procent) gelöst und mit (controllirtem) Pepsin digerirt. Der hierbei entstandene Niederschlag wurde durch Fälln der alkalischen Lösung mit Kupferacetat bearbeitet. Die Kupferverbindung wurde unter successivem Zusatz von Salzsäure dialysirt. Der dabei ungelöste Rückstand bestand hauptsächlich aus Nucleinsäure. In der Lösung befand sich Chondroitinschwefelsäure, die durch Weingeist gefällt wurde. Die erhaltene Substanzmenge betrug 0.04 g.

Der Phosphorgehalt derselben war sehr gering. Die Lösung in Wasser gab mit Millon's Reagens eine geringe Fällung, die jedoch beim Kochen nicht roth wurde (Nucleinsäure).<sup>2</sup>

Die Lösung der Substanz war frei von präformirter Schwefelsäure. Beim Erhitzen mit reiner Salzsäure und Chlorbaryum entstand eine reichliche Fällung von Baryumsulfat. Die Bildung einer reducirenden Substanz konnte auch leicht dargethan werden. Die durch Essigsäure sauer gemachte Lösung wurde durch eine ebenfalls angesäuerte Leimlösung gefällt. Bei Zusatz von einer reichlichen Menge Eisessig wurde

<sup>1</sup> Ein positiver Ausschlag dieser letzterwähnten Proben allein ist hierbei nicht beweisend, da Nucleinsäure zugegen war. Auch diese kann möglicherweise einen reducirenden Körper beim Erhitzen mit Salzsäure geben. Bei Untersuchung der Nucleinsäure aus der Hefe habe ich auch gesehen, dass man eine essigsäurehaltige Lösung derselben erhalten kann, welche durch eine angesäuerte Leimlösung und durch eine reichliche Menge von Eisessig gefällt wird. Die Probe auf gepaarte Schwefelsäure mit diesen Proben zusammen wird jedoch keinen Zweifel übrig lassen.

<sup>2</sup> Die Lösung der Nucleinsäure, nach Altmann aus der Hefe dargestellt, gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die jedoch beim Kochen nicht roth wurde. Die Säure gab nicht die Biuretreaction.

eine Fällung gebildet; diese wurde auf einem Filter gesammelt und in Wasser gelöst; beim Erhitzen mit Salzsäure und Chlorbaryum entstand ein Niederschlag von Baryumsulfat.

Dass eine geringe Menge Chondroitinschwefelsäure aus den Rindernieren dargestellt werden konnte, ist also unzweifelhaft.

Versuche, die Chondroitinschwefelsäure weiter zu verfolgen, gaben mir ein negatives Ergebniss. Im Blutserum des Pferdes wurde die Säure einige Male vergebens gesucht; auch wenn ich die Fällung untersuchte, welche zuerst entstand, wenn das verdünnte Serum mit Essigsäure bis 0.2 Procent versetzt und mit Chloroform geschüttelt wurde, fiel das Ergebniss negativ aus.

Bei der Untersuchung von Fibrin aus Pferdeblut, von Eiterkörperchen und von Eiterserum war das Ergebniss ebenfalls negativ.

### Zusammenfassung.

Die Ergebnisse der in dieser Abtheilung beschriebenen Untersuchungen sind hauptsächlich folgende.

Im normalen Harn finden sich Substanzen vor, die in schwach essigsäurehaltiger Lösung Eiweiss fällen. Dasselbe war auch der Fall in einem schwach eiweisshaltigen Harn.

Den ersten Rang unter den eiweissfällenden Substanzen nimmt die Chondroitinschwefelsäure ein, welche in jeder Probe des normalen Harns und ebenso in dem schwach eiweisshaltigen Harn nachgewiesen werden konnte. Sie war auch in dem durch Catheter entleerten Harn von Weibern nachzuweisen.

Diese Säure konnte auch in den Rindernieren nachgewiesen werden. (Im Pferdeblutserum und im Eiter wurde sie vergebens gesucht.)

Ausser dieser Säure wurde auch Nucleinsäure sowohl im normalen als in dem schwach eiweisshaltigen Harn aufgefunden. Die Menge derselben war jedoch stets gering; bisweilen kann sie vielleicht vermisst werden. Nie nahm die Nucleinsäure unter den eiweissfällenden Substanzen den ersten Rang ein.

Bisweilen kann die Taurocholsäure an der Ausfällung des Eiweisses betheiligt sein. Einige Male erhielt ich nämlich bei der Prüfung der Eiweissfällung aus dem normalen Harn auf Gallensäure ein positives Ergebniss. Dies war jedoch eine Ausnahme. Im Allgemeinen wurde ein negativer

oder undeutlicher Ausschlag erhalten. Im icterischen Harn kann dagegen die Gallensäure eine hervorragende Bedeutung als eiweissfällende Substanz haben.

Ausser den genannten Säuren habe ich keine andere eiweissfällende Substanz nachweisen können. Die Zusammensetzung der Fällung zeigte auch, dass keine nennenswerthe Menge von einer anderen Substanz zugegen sein konnte.

Die Chondroitinschwefelsäure und wahrscheinlich auch die Nucleinsäure finden sich zum Theil frei oder als Salz im Harne vor. Wenn die Eiweissverbindung derselben durch Dialyse, Zusatz von Essigsäure (bis 0.2 Procent) und Schütteln mit Chloroform ausgefällt worden sind, können sie daher im Filtrate durch Zusatz einer Eiweisslösung ausgefällt werden.

Wie ich in der folgenden Abtheilung zeigen werde, können Verbindungen von diesen Säuren mit Eiweiss aus normalem Harne (wie aus dem schwach eiweisshaltigen) durch Essigsäure ausgefällt werden. Wahrscheinlich werden jedoch diese Verbindungen nicht präformirt abgesondert. Da nämlich im normalen Harn ein Theil der Säuren im Filtrate von dieser Fällung vorkommen kann, ist es nicht wahrscheinlich, dass der übrige Theil als eine präformirte Eiweissverbindung abgesondert wird.

Es ist daher wahrscheinlich, dass der Uebergang der Chondroitinschwefelsäure und der des Eiweisses im Harn zwei verschiedene Processe sind, die unabhängig von einander verlaufen. Im Harne können diese Substanzen sich dann vereinigen und bei Zusatz von Essigsäure ausfallen. Je nach der relativen Menge können sie dann (nach der Dialyse und nach Zusatz von Essigsäure) beide ziemlich vollständig ausfallen, wie es bisweilen in dem schwach eiweisshaltigen Harn geschah, oder ein Ueberschuss der eiweissfällenden Substanzen (wie im normalen Harn) oder des Eiweisses (wie es in dem schwach eiweisshaltigen Harn bisweilen der Fall war) in der Lösung bleiben.

Je nach der relativen Menge des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen können die Verbindungen derselben etwas verschiedene Eigenschaften (wie verschiedene Fällbarkeit durch Säuren und Löslichkeit in einem Ueberschuss derselben) haben. Durch dieses Verhalten wird die Entstehung einer Fällung bei der Digestion der Lösung in Salzsäure mit Pepsin erklärt.

Untersuchungen, welche ich über die Menge der eiweissfällenden Substanzen im normalen Harn ausgeführt habe, werden in der folgenden Abtheilung besprochen.

Die Kenntniss dieser eiweissfällenden Substanzen des Harns ist in mehreren Hinsichten von Interesse. Erst mit Hülfe dieser ist es möglich, die Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn zu bearbeiten, und die Erscheinungen, welche sich dabei bieten, zu erklären.

Auch zur Forschung in anderen Richtungen giebt diese Kenntniss Anregung. Da ich hoffe, diese Untersuchungen auf dem pathologischen Gebiete weiter verfolgen zu können, habe ich vor der Hand keine Veranlassung, auf diese Fragen einzugehen.

## 2. Ueber das Vorkommen von Eiweiss im normalen Menschenharn.

Zu den folgenden Versuchen habe ich Harnproben ausgewählt, welche bei Ausführung der Eiweissprobe nach Heller im filtrirten völlig klaren Harne keine deutliche Eiweissreaction, d. h. keine wahrnehmbare abgegrenzte Trübung zwischen der Salpetersäure und dem Harne gaben. Die Salpetersäure wurde dabei durch eine Pipette unter den Harn eingeführt, so dass sie eine scharf begrenzte Schicht bildete. Die Probe wurde wenigstens 5 Minuten, meist aber 15 bis 30 Minuten lang beobachtet. Eine andere Trübung wird nicht als Zeichen der Gegenwart von Eiweiss angesehen. Es ist die Regel, dass bei der Probe nach Heller nach einer Weile eine Trübung im Harne entsteht. Eine schwache ringförmige oder diffuse Trübung, etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 cm oberhalb der Salpetersäure, wird oft beobachtet; diese kann sich bisweilen nach abwärts gegen die Salpetersäure erstrecken. Nach dem Verdünnen mit 2 bis 3 Volumen Wasser ist diese obere Trübung bisweilen deutlicher als bei der Untersuchung des unverdünnten Harns. Sie wird also nicht durch Uraten bedingt. Nicht selten kann man oberhalb der Salpetersäure eine schwache diffuse Trübung und in dieser bisweilen eine Ausscheidung von Harnsäure wahrnehmen.

Eine Trübung, welche nicht deutlich begrenzt ist und nicht dicht an der Salpetersäure liegt, wird bekanntlich nicht als ein Zeichen der Gegenwart von Eiweiss aufgefasst. Sie ist übrigens so gewöhnlich, dass, wenn sie als ein Beweis für die Gegenwart von Eiweiss angesehen wird, die Frage über das regelmässige Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn als in positiver Richtung entschieden anzusehen wäre.

Da es eine Ausnahme ist, eine Harnprobe zu erhalten, welche bei der in oben beschriebener Weise ausgeführten Probe nach Heller oberhalb der Salpetersäure gar keine Trübung giebt, konnte ich eine solche Trübung nicht berücksichtigen. Dagegen habe ich sehr genau auf eine begrenzte Trübung dicht bei der Salpetersäure geachtet, und da ich die Proben länger, als es gewöhnlich geschieht, beobachtet habe, kann ich sicher behaupten, dass die Harnproben bei der Untersuchung nach Heller sich als im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei erwiesen.

Zur Bearbeitung wurde der Harn etwa 24 Stunden dialysirt und dann durch Essigsäure (bis 0.1 bis 0.2 Procent) und Schütteln mit Chloroform gefällt. Der Niederschlag wurde in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst und durch Essigsäure (wenn nöthig unter Schütteln mit Chloroform) noch einmal gefällt. Der Niederschlag wurde dann in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und mit Essigsäure gefällt. Etwas Farbstoff blieb dabei in der Lösung. Die Fällung wurde dann mit Weingeist und mit Aether gewaschen und darnach getrocknet. Die erhaltenen Präparate waren stets gefärbt, bisweilen ziemlich stark.

In Wasser wurde die Substanz bei der Gegenwart von etwas Alkali oder Ammoniak schon bei neutraler Reaction leicht gelöst. Die Lösung war klar, gewöhnlich ziemlich stark braun gefärbt. Wenn die Substanz auf dem Wasserbade mit etwas Essigsäure eingetrocknet wurde, oder wenn die trockene Substanz auf 110 bis 115° erhitzt wurde, so quoll sie mit verdünntem Ammoniak (0.02 Procent) auf, löste sich aber nicht immer vollständig; durch Erwärmen konnte sie in Lösung gebracht werden.

Die mit etwas Ammoniak bereitete Wasserlösung konnte mit Essigsäure bis zu stark saurer Reaction versetzt werden, ehe eine Opalescenz eintrat; bei weiterem Zusatz der Säure wurde sie opalescent, und dann schliesslich gefällt. Wenn der Niederschlag sich schon abgeschieden hatte, war er in überschüssiger Essigsäure sehr schwer löslich. Wenn der Ueberschuss an Säure sogleich zugesetzt wurde, konnte die Substanz bisweilen schon mit 1 Procent Essigsäure gelöst werden; ein anderes Mal forderte sie bis 8 Procent Essigsäure. Die Verdünnung der Lösung ist hierbei von grosser Bedeutung.

Durch Zusatz von mehreren Volumen Eisessig wurde die Lösung nicht gefällt.

In einem Ueberschuss von Salzsäure war die Substanz leicht löslich.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gegenwart von Harnsäure war dabei nicht zu bemerken: Weder sogleich noch bei mehrtägigem Aufbewahren in der Kälte (0°) setzte sich Harnsäure ab.

Die neutrale oder die durch Essigsäure schwach angesäuerte Lösung wurde beim Kochen gewöhnlich nicht coagulirt; sie blieb entweder unverändert oder nur schwach getrübt. Ebenso verhielt sich die mit etwa dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung versetzte Lösung. Auch beim Aufkochen der mit mehr Essigsäure (bis zu schwacher Opalescenz) versetzten Lösung wurde sie nur getrübt, ohne dass sich eine Fällung abschied. Ich habe auch beobachten können, dass die Coagulation von zugesetztem Blutserum erschwert wurde. Bisweilen habe ich jedoch die Abscheidung einer flockigen Fällung beim Aufkochen der schwach angesäuerten Lösung gesehen.

Diese Verschiedenheit ist ausser durch verschiedene Concentration der Lösungen durch eine verschiedene Relation zwischen dem Eiweiss und der eiweissfällenden Substanz zu erklären.

Die Substanz gab die Farbenreactionen des Eiweisses: die Reaction von Millon, Adamkiewicz und die Biuretprobe; die Ausführung der letzterwähnten Reaction wurde jedoch oft durch die Farbstoffe erschwert.

Auch die Fällungsreactionen des Eiweisses gaben einen positiven Ausschlag.

Eine Lösung von 0.05 Procent gab bei der Probe nach Heller sogleich einen scharf begrenzten Eiweissring dicht bei der Salpetersäure. Etwas höher oben (etwa 1 cm) war ein anderer weniger scharf begrenzter Ring zu sehen. Wenn zur Probe eine mit überschüssiger Essigsäure versetzte Lösung gebraucht wurde, so war nur der ersterwähnte untere Ring zu sehen. Der obere Ring, welcher ein Neutralisationspräcipitat darstellt, trat dabei nicht hervor.

Durch Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Pikrinsäure und Citronensäure (das Reagens von Esbach) wurde eine Fällung hervorgerufen.

Gerbsäure allein oder zugleich mit Kochsalz gab eine reichliche Fällung.

Die Lösung in einem Ueberschuss von Essigsäure gab mit diesen Reagentien (Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Pikrinsäure, Reagens von Esbach, Quecksilberjodid-Jodkalium, Gerbsäure) eine Fällung. Sie wurde auch durch eine geringe Menge Ferrocyankalium, durch Jod-Jodkalium und durch Chondrottinschwefelsäure gefällt.

Die Lösung in einem geringen Ueberschuss an Salzsäure gab mit ein wenig Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine reichliche Fällung. Auch mit Sublimat und Kochsalz war eine Trübung oder eine Fällung zu erhalten.

Die Substanz verhielt sich also von dem gewöhnlichen Mucin oder von dem oben geschilderten Harnmucoid ganz verschieden.

Bei der Untersuchung der Präparate aus mehreren Harnproben verschiedener Personen konnte ich immer die Abspaltung von Schwefelsäure und die Bildung einer reducirenden Substanz beim Erhitzen mit Salzsäure nachweisen.

Die Prüfung auf Phosphor hat im Allgemeinen einen positiven Ausschlag gegeben. Am häufigsten war die Reaction schwach; bisweilen wurde eine starke Reaction erhalten.

In ihren Eigenschaften stimmte also diese, aus dialysirtem, normalem Harn durch Essigsäure nebst Chloroform abgeschiedene Substanz mit der Fällung überein, welche im Filtrat durch Zusatz von Eiweiss (Blutserum oder Serumalbumin) abgeschieden wurde, wie sie in der vorigen Abtheilung geschildert wurde. Ebenso stimmte sie mit der Fällung für Essigsäure aus dem oben erwähnten dialysirten „schwach eiweisshaltigen“ Harne überein. Die Eigenschaften stimmen auch mit denen überein, welche oben für die künstliche Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure angegeben wurden. Die Verschiedenheiten, welche sich vorfanden (wie bezüglich der Fällbarkeit durch Essigsäure) lassen sich durch einen Unterschied in der Relation des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen zu einander erklären.

Auch in der Zusammensetzung findet sich diese Uebereinstimmung hauptsächlich wieder. Die durch Essigsäure (nebst Chloroform) aus dialysirtem normalen Harn ausgefällte Substanz bestand gleichfalls zum grösseren Theil aus der Eiweissverbindung der Chondroitinschwefelsäure; daneben fand sich, allem Anschein nach, eine geringe Menge von der Eiweissverbindung der Nucleinsäure vor.

I. Bei der Darstellung des ersten Präparates hatte ich noch nicht die Bedeutung eines kräftigen Schüttelns mit Chloroform kennen gelernt; auch im Uebrigen war ich nicht mit allen Verhältnissen bei diesen Arbeiten vertraut. Die Ausbeute war daher ziemlich gering. Aus 20 Litern normalen Harns (von zwei Männern gesammelt) wurden 0.2% der stark braun gefärbten Substanz erhalten.

Die gepaarte Schwefelsäure war qualitativ leicht nachweisbar. Die Substanz schien verhältnissmässig reich an Phosphor zu sein.

Sie gab die Reactionen von Millon und Adamkiewicz und die oben angeführten Fällungsreactionen des Eiweisses.

Der Aschengehalt war 1.4 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 72.3 mg der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten, Substanz verwendet. Ich erhielt daraus 65.60<sup>mm</sup> Kohlensäure, 48.95



Procent Kohlenstoff entsprechend, und 7.65<sup>cem</sup> Stickstoff ( $N_2 = 5.95^{\text{cem}}$ ;  $NO/2 = 1.70^{\text{cem}}$ ), was 13.30 Procent Stickstoff entspricht.

II. Von denselben zwei Männern (wie Präp. I.) wurden 23 Liter normalen Harns gesammelt und bearbeitet. Das Präparat (0.66<sup>g</sup>) stellte ein ziemlich stark braun gefärbtes Pulver dar.

Die qualitativen Reactionen waren dieselben, wie für das Präp. I. Qualitativ war eine geringe Menge Phosphor nachweisbar.

Der Gehalt an Asche betrug 1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden 79.8<sup>mg</sup> der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz verwendet. Ich erhielt daraus 75.35<sup>cem</sup> Kohlensäure, 50.94 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8.70<sup>cem</sup> Stickstoff ( $N_2 = 6.63^{\text{cem}}$  und  $NO/2 = 2.07^{\text{cem}}$ ), was 13.70 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0.4254<sup>g</sup> der als aschenfrei berechneten, bei 110 bis 115° getrockneten Substanz mit verdünntem Ammoniak behandelt, wobei sie sich fast vollständig löste; dann wurde Chlorbaryum zugesetzt und filtrirt. Das Filtrat (etwa 100<sup>cem</sup>) wurde mit 10<sup>cem</sup> reiner Salzsäure versetzt und 4 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt. Die Flüssigkeit wurde dann mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht und filtrirt. Das Filtrum (nebst der Fällung) wurde verbrannt und der Rückstand mit Soda geschmolzen. In der Schmelze wurde dann die Schwefelsäure bestimmt, wobei 20.2<sup>mg</sup> Baryumsulfat erhalten wurden, was 0.65 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Bei der Bestimmung des Phosphors im Filtrate wurden 1.1<sup>mg</sup> Magnesiumpyrophosphat erhalten, was etwa 0.08 Procent Phosphor entspricht.

III. Der Harn wurde von sechs verschiedenen Personen gesammelt. Die einzelnen Harnportionen (je einige Liter betragend) wurden auf Eiweiss geprüft: Nie trat ein Eiweissring auf; oft war auch keine obere Trübung deutlich hervortretend.

Aus 83 Litern Harn wurden 2<sup>g</sup> Substanz erhalten, welche ein ziemlich stark gefärbtes Pulver bildeten. Die Substanz war frei von präformirter Schwefelsäure.

Gegen die eiweissfällenden Reagentien verhielt sie sich wie oben beschrieben.

Beim Kochen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten und reducirende Substanz gebildet. Bei qualitativer Prüfung auf Phosphor wurde ein schwach positiver Ausschlag erhalten.

Der Aschengehalt war 1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 82.9 mg der als aschenfrei berechneten, bei 110 bis 115° getrockneten Substanz gebraucht. Daraus erhielt ich 79.32 cc Kohlensäure, 51.62 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9.17 cc Stickstoff ( $N_2 = 8.22$  cc und  $NO/2 = 0.95$  cc), was 13.91 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure und des Totalschwefels wurden 0.4261 g der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz gebraucht. Sie wurde mit Wasser und etwas Ammoniak eingeweicht, mit 10 cc reiner Salzsäure versetzt und 4 Stunden auf dem Wasserbade erhitzt. Der Kolben, in welchem die Erhitzung geschah, war, um etwa frei gemachten Schwefelwasserstoff zurückzuhalten, mit einem Ableitungsrohr versehen, das in Kalilauge eintauchte. Nach dem Erhitzen war die Substanz bis auf einen geringfügigen braunschwarzen Rückstand gelöst.

Die Lösung wurde filtrirt, die Hauptmasse der Säure mit Ammoniak abgestumpft, und dann mit Chlorbaryum gefällt. Die erhaltene Fällung wurde gewaschen und durch Umschmelzen mit Soda gereinigt. Bei der nachherigen Ausfällung der Schwefelsäure wurden 18.9 mg Baryumsulfat erhalten, was 0.61 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Das Filtrat von dem Baryumsulfat nebst dem beim Erhitzen mit der Säure ungelösten Rückstand wurde mit Kalilauge (worunter die zum Auffangen etwaigen Schwefelwasserstoffes gebrauchte), bis alles Ammoniak ausgetrieben war, erwärmt, und dann mit Kalihydrat und Salpeter geschmolzen und die Schwefelsäure bestimmt. Ich erhielt dabei (natürlich nach Abzug der im Kalihydrat befindlichen geringen Menge Schwefelsäure) 56.5 mg Baryumsulfat, was 1.82 Procent Schwefel entspricht. Der Totalschwefel war also = 1.82 Procent + 0.61 Procent (der als gepaarte Schwefelsäure vorhandene Schwefel) oder 2.43 Procent.

Im Filtrat wurde die Phosphorsäure bestimmt. Ich erhielt dabei 21.8 mg Molybdenfällung, was 0.1 Procent Phosphor entspricht.

In der Tabelle auf Seite 408 wird die Untersuchung dieser drei Präparate (durch Essigsäure unter Schütteln mit Chloroform aus dem dialysirten normalen Harn gefällt) mit den oben mitgetheilten Ergebnissen der Untersuchung der Fällung für Serumalbumin (Seite 392, Präp. V) im Filtrat von jener Fällung, und ebenso mit der Analyse des durch Essigsäure im dialysirten „schwach eiweisshaltigen“ Harne ausgefällten Niederschlages (Seite 395 und 396, Präp. VI und VII) zusammengestellt.

	Nr. 1. Fällung durch Essigsäure im dialysirten normalen Harn			Nr. 2. Fällung durch Serum- albumin im Filtrat von Nr. 1.	Nr. 3. Fällung durch Essig- säure aus dem dialy- sirten „schwach ei- weisshaltigen“ Harn.	
	Präp. I. <sup>1</sup> %	Präp. II. %	Präp. III. %	Präp. V. %	Präp. VI. %	Präp. VII. %
Kohlenstoff . . .	48.95	50.94	51.62	51.36	—	51.36
Stickstoff . . .	13.30	13.70	13.91	14.32	13.49 <sup>2</sup>	14.13
Schwefel . . .	—	—	2.43	2.18	—	2.34
Schwefel in Form von gepaarter Schwefelsäure .	—	0.65	0.61	0.50	0.95	—
Phosphor . . .	—	0.08	0.1	0.04	—	0.2

Die zu beantwortenden Fragen sind folgende:

1) Enthält die Fällung, welche durch Essigsäure (unter Schütteln mit Chloroform) im dialysirten normalen Harn hervorgerufen wird, einen genuinen Eiweisskörper?

2) Kann diese Fällung aus einer Mucinsubstanz bestehen, oder eine nennenswerthe Menge einer solchen enthalten?

3) Welcher Eiweisskörper ist es, der hier vorliegt?

4) Ist die Verbindung des Eiweisses, welche man im Harne wiederfindet, in präformirter Form abgesondert worden?

Die erste dieser Fragen ist unbedingt zu bejahen: in der Fällung, die durch Essigsäure aus dem dialysirten Harne gebildet wird, findet sich Eiweiss vor. Ausser dem, dass sie die Farbenreactionen des Eiweisses giebt und also eine Proteinsubstanz enthält, giebt sie auch die Fällungsreactionen des Eiweisses (vgl. Seite 404). Sie unterscheidet sich also in dieser Hinsicht von dem oben beschriebenen Harnmucof und von der ganzen Gruppe der Mucinsubstanzen.

Ebenso wie die qualitativen Reactionen zeigt auch die Zusammensetzung der Fällung, dass sie hauptsächlich Eiweiss enthält.

Diese, unter Nr. 1 in der Tabelle aufgeführten Präparate stimmen in ihrem Gehalt an Kohlenstoff und Stickstoff mit den unter Nr. 2 und Nr. 3 aufgeführten überein. Besonders gilt dies für die unter Nr. 1 aufgeführten Präparate II und III. Das Präparat I weicht in

<sup>1</sup> Ohne Schütteln mit Chloroform dargestellt und daher verhältnissmässig geringe Ausbeute und stark gefärbtes Präparat.

<sup>2</sup> Nach Kjeldahl-Wilfahrt bestimmt.

seiner Zusammensetzung mehr ab; dem kann jedoch keine grosse Bedeutung beigemessen werden, da die Darstellung desselben nach einer noch unvollkommenen Methode geschah. Uebrigens ist der Unterschied nicht ein solcher, dass er gegen die hauptsächlichste Uebereinstimmung der angeführten Präparate spricht.

Die unter Nr. 2 aufgeführte Fällung war durch Zusatz von Serumalbumin hervorgerufen; sie enthielt also unzweifelhaft Eiweiss. Die unter Nr. 3 aufgeführten Präparate wurden aus einem schwach eiweisshaltigen Harne gewonnen. Sie zeigen mit dem unter Nr. 2 aufgeführten Präparate eine so grosse Uebereinstimmung, dass, da sie alle Chondroitinschwefelsäure enthalten, man nicht daran zweifeln kann, dass sie Substanzen derselben Natur waren. Denselben Rückschluss kann man auch auf die unter Nr. 1 aufgeführten Präparate machen. Auch diese sind also hauptsächlich als eine Verbindung des Eiweisses mit Chondroitinschwefelsäure zu betrachten.

Ferner geht aus ihrer Zusammensetzung hervor, dass die Fällung durch Essigsäure aus dem dialysirten normalen Harn keine nennenswerthe Menge einer Mucinsubstanz enthielt. Diese Fällung hat nämlich einen höheren Gehalt an Stickstoff, als das Harnmucoïd und die übrigen Mucinsubstanzen. Da sie ausserdem die stickstoffarme Chondroitinschwefelsäure enthält, wie die Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure dies zeigt, so muss natürlich der übrige Theil noch stickstoffreicher sein und sich noch mehr von den Mucinsubstanzen unterscheiden.

Ob vielleicht eine geringe Menge einer Mucinsubstanz zugegen ist, das ist natürlich eine Frage von ganz nebensächlicher Bedeutung. Eine Methode, diese Frage zu entscheiden, habe ich nicht finden können. Ich habe versucht, durch Abdampfen mit etwas Essigsäure das Eiweiss unlöslich zu machen, so dass das Harnmucoïd (wenn zugegen) durch Kochen mit Wasser ausgezogen werden könne. Dabei habe ich gesehen, dass es auf diese Weise gelingen kann, ein der Eiweissfällung beigemischtes Harnmucoïd durch Gerbsäure nachzuweisen. Ich habe ferner bei der Bearbeitung der Eiweissfällung aus dem Harne einen negativen Ausschlag erhalten, was für die Abwesenheit von Harnmucoïd spricht.

Indessen habe ich gefunden, dass die Methode insoweit unzuverlässig ist, als ein positiver Ausschlag für die Gegenwart von Harnmucoïd nicht beweisend ist. Es gelingt nämlich nicht immer, das Eiweiss in dieser Weise unlöslich zu machen, was ich bei der Untersuchung der mit Blutserum dargestellten Chondroitinschwefelsäureverbindung bemerkt habe.

Alles, was ich gesehen habe: der eben erwähnte negative Befund,

die Vergleichung der Stärke der Reaction nach Millon mit dem Ausschlag der eiweissfällenden Reagentien in der verdünnten Lösung und schliesslich die Eigenschaften des Harnmucoids, scheint mir für die Abwesenheit des Harnmucoids zu sprechen.

Durch diese Auseinandersetzung habe ich auf die beiden ersten der oben gestellten Fragen die Antwort gegeben: die durch Essigsäure (nebst Chloroform) im dialysirten normalen Harn (von Männern) bewirkte Fällung enthält einen genuinen Eiweisskörper. Sie enthält dagegen keine Mucinsubstanz oder wenigstens keine nennenswerthe Menge einer solchen.<sup>1</sup>

Die Antwort auf die dritte Frage habe ich schon angedeutet, dass es nämlich hauptsächlich Serumalbumin ist, welches sich in der Verbindung mit Chondroitinschwefelsäure vorfindet; dass dagegen Globulin gar nicht oder nur in geringer Menge zugegen ist. Man kann dies aus der Schwefelbestimmung schliessen. Der Schwefelgehalt des Serumglobulins ist nämlich viel geringer als der des Serumalbumins. Nach Hammarsten<sup>2</sup> enthält das Serumglobulin aus Pferdeblut 1.11 Procent Schwefel, während das Serumalbumin des Pferdeblutes 1.80 Procent und das aus einem Exsudate des Menschen 2.25 Procent Schwefel enthalten.

Wenn wir die Menge der Chondroitinschwefelsäure aus der gepaarten Schwefelsäure berechnen und abziehen, so würde die übrige Substanz etwa 2.0 Procent Schwefel enthalten. Dieser Schwefelgehalt fällt zwischen den des Serumalbumins aus dem Pferdeblute und den des menschlichen Serumalbumins und ist viel höher als der des Serumglobulins. Der Gehalt an Serumglobulin kann daher nur gering gewesen sein.

Die durch Essigsäure aus dialysirtem normalen Harn bewirkte Fällung scheint (nach ihrem Gehalte an Schwefel und Stickstoff zu schliessen) an Chondroitinschwefelsäure etwas reicher als der Niederschlag für Serumalbumin im Filtrate gewesen zu sein. Uebrigens stimmen sie in ihren Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung so gut

<sup>1</sup> Ich darf vielleicht einen Versuch erwähnen, wo der Harn mit einer Lösung von typischem, nach Hammarsten dargestelltem Submaxillarmucin versetzt wurde. Der Harn war vorher gegen das Wasserleitungswasser (Gehalt an Chlor = 11 in 100000) dialysirt, mit Essigsäure (0.2 Procent) unter Schütteln mit Chloroform und dann mit Serumalbumin (unter Vermeidung eines Ueberschusses) gefällt worden. Bei Zusatz der Mucinlösung (bis zu einem Gehalt von 0.01 und 0.025 Procent Mucin) wurde die Flüssigkeit zwar etwas dickflüssig, eine Fällung setzte sich aber nicht ab. Auch nach dem Schütteln mit Chloroform, Filtriren und Waschen des Filtrats mit Wasser konnte kein Mucin auf dem Filtrum durch die Reaction von Millon nachgewiesen werden.

<sup>2</sup> Hammarsten, *Lehrb. d. physik. Chemis.* 1891. S. 51.

überein, dass dadurch die Einheitlichkeit ihrer Natur und die Gegenwart von Serumalbumin in beiden bestätigt wird.

Durch die mitgetheilten Untersuchungen scheint mir also die Gegenwart des Serumalbumins so sicher erwiesen zu sein, als es in diesem Falle geschehen kann, da die Darstellung desselben in unveränderter Form aus der Verbindung mit der Chondroitinschwefelsäure und somit der Nachweis von dessen speciellen Reactionen (die specifische Drehung, Coagulationstemperatur u. a.) wahrscheinlich unmöglich bleiben wird.

Dass das Serumalbumin, wenn es durch Chondroitinschwefelsäure gebunden ist, sich anders, als das freie Serumalbumin verhält, spricht nicht gegen die Annahme, dass unzersetztes Serumalbumin sich in der Verbindung vorfindet. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass die eiweissfällenden Substanzen des Harns die Eigenschaften des Serumalbumins verändern können, ohne dass man an eine Zersetzung oder eine andere dergleichen Veränderung des Albumins denken kann. Eine solche Veränderung giebt sich durch das Ausfällen des reinen Serumalbumins beim Zusatz zum dialysirten und mit Essigsäure versetzten normalen Harnes kund. Ein anderes Beispiel kann man darin sehen, dass reines Serumalbumin, welches durch Magnesiumsulfat in Substanz bei 30° gar nicht gefällt wurde, wenn es zu einem neutralen oder schwach alkalischen Harn gesetzt wurde, durch Eintragen von Magnesiumsulfat vollständig gefällt werden konnte.<sup>1</sup>

Ueber die Natur des Eiweisses, welches in geringer Menge mit Nucleinsäure verbunden vorkommt, kann man natürlich nichts Besonderes aussagen.

Dass das von mir im normalen Harn nachgewiesene Eiweiss kein Zersetzungsproduct einer Mucinsubstanz ist, muss ich vielleicht be-

---

<sup>1</sup> Nach dem Versetzen eines neutralisirten oder ganz schwach alkalischen Harns mit reinem Serumalbumin bis 0.06 Procent, war dieses durch Eintragen von Magnesiumsulfat vollständig fällbar. Noch bei einem Gehalte von 0.17 Procent Serumalbumin wurde es zum grössten Theil durch Magnesiumsulfat gefällt. Noch deutlicher trat dies in einem pathologischen Harn (Phosphorvergiftung) hervor. Noch bei einem Gehalte von 0.35 Procent Serumalbumin wurde dieses bei neutraler Reaction durch Magnesiumsulfat vollständig herausgefällt; bei einem Gehalte von 0.55 Procent Serumalbumin blieb eine geringe Menge des Albumins im Filtrate.

In Vergleichsversuchen, wo ich neutrales Ammoniumsulfat bis zur halben Sättigung (bei 20°) zusetzte, wurde das Albumin zwar gefällt, aber nie so vollständig, als durch das Magnesiumsulfat.

Für die Bestimmung des Globulins im Harn bieten diese Beobachtungen natürlich Interesse dar.

sonders hervorheben. Es ist nämlich von Malfatti<sup>1</sup> die Annahme ausgesprochen worden, dass Eiweissreactionen, welche man im normalen Harne oder in der Lösung eines aus demselben dargestellten Präparates erhält (wie die Reaction mit Essigsäure oder Ferrocyankalium), ihren Grund darin haben, dass eine Mucinsubstanz des Harns zersetzt und ein Eiweisskörper dabei freigemacht wurde. Dieser würde als coagulirtes Eiweiss oder in der Form eines Albuminates auftreten.

Die im Harne vorkommende Mucinsubstanz, das Harnmucoid, habe ich schon beschrieben. Präformirt kommt es ungelöst im Harne vor. Durch Auflösen mit Ammoniak wird es in einer durch Essigsäure fällbaren Form übergeführt; durch Erwärmen der Lösung wird es in Wasser auch bei der Gegenwart von Essigsäure löslich. Ein Abspalten von Eiweiss durch Erwärmen mit Salzsäure oder durch langdauerndes Erwärmen mit Wasser ist zwar möglich, geschieht jedoch nicht leicht. Auf Grund meiner Kenntniss von dem Harnmucoid kann ich es entschieden verneinen, dass eine Abspaltung von Eiweiss durch das zur Darstellung der oben beschriebenen Eiweissfällung aus dem Harn benutzte Verfahren (Filtration, Dialyse bei der Gegenwart von Chloroform oder Thymol, Fällern durch Essigsäure 0.1 bis 0.2 Procent unter Schütteln mit Chloroform) geschehe.

Die vierte Frage, welche aufgestellt wurde, war die, ob der gefundene Eiweisskörper, d. h. (hauptsächlich) das Serumalbumin, als solcher oder in schon gebundener Form abgesondert wird.

Ich betrachte es als sehr wahrscheinlich oder fast sicher, dass das Serumalbumin in freier Form abgesondert wird, oder mit anderen Worten, dass die Absonderung des Eiweisses und die der Chondroitinschwefelsäure zwei verschiedene, von einander unabhängige Processe sind.

Ich will dies durch folgende Auseinandersetzung begründen.

Die Menge der Chondroitinschwefelsäure, welche ich bei der Untersuchung der Rindernieren wiederfand, war ganz gering. Wenn man einen Uebergang einer präformirten Eiweissverbindung derselben (eines „Chondro-Albumins“) im Harn annähme, so wäre wohl diese Verbindung von den Nieren herzuleiten, da die Chondroitinschwefelsäure im Blute vermisst wurde. Es wäre dann schwer zu verstehen, weshalb eben dieser Theil der Nierensubstanz, welcher sich in so geringer Menge vorfindet, mit dem Harne abgesondert wird.

Die im Harne wiedergefundene Eiweissverbindung der Chondroitin-

---

<sup>1</sup> Malfatti, *Internationales Centralblatt f. d. Physiol. u. Pathol. d. Harn- u. Sexualorgane*. 1890. Bd. I, S. 76 u. 441.

schwefelsäure war nicht immer völlig gleich. Eine Verschiedenheit in Fällbarkeit und Löslichkeit in einem Ueberschuss der Säure, eine verschiedene Löslichkeit nach dem Erhitzen und gewissermassen eine etwas verschiedene Zusammensetzung wurden beobachtet. Ich habe diese Verschiedenheiten als das Zeichen einer verschiedenen relativen Menge des Eiweisses und der Chondroitinschwefelsäure gedeutet. Jedenfalls sprechen sie gegen die Annahme eines präformirten „Chondro-Albumins“.

Ferner spricht die regelmässige Gegenwart ungebundener Chondroitinschwefelsäure im Harn gegen die Annahme, dass eine präformirte Verbindung abgesondert wird. Wie wäre es dann zu erklären, dass ein Theil der Säure als eine präformirte Eiweissverbindung und ein anderer Theil in freier Form oder als Salz ausgeschieden werden? Ein Mangel an Eiweiss in den Nieren kann ja nicht angenommen werden.

Ich sehe es deshalb als sehr wahrscheinlich an, dass die Absonderung des Eiweisses (hauptsächlich aus Serumalbumin bestehend) und der Chondroitinschwefelsäure zwei verschiedene Processe darstellen, welche unabhängig von einander verlaufen.

Dass die Eiweissverbindung der Taurocholsäure, wo eine solche wiedergefunden wird, nicht als präformirt abgesondert angesehen werden darf, ist von selbst einleuchtend.

In Betreff der Eiweissverbindung der Nucleinsäure ist die Frage schwieriger zu entscheiden; dies ist aber auch von geringer Bedeutung, da die Menge desselben eine relativ kleine ist. Wo man sonst Eiweissverbindungen der Nucleinsäure, sogenannten „Nucleoproteiden“, begegnet, verhalten sie sich als präformirte Verbindungen und werden auch so aufgefasst. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass dies auch für den Harn gültig ist. Was die Sache jedoch etwas zweifelhaft macht, ist der Umstand, dass die Nucleinsäure in dem Harn auch in freier Form oder als Salz vorzukommen scheint.

#### **Ist das Eiweiss ein constanter Bestandtheil des normalen Menschenharns?**

Um diese Frage zu entscheiden, habe ich kleinere Harnproben von mehreren erwachsenen Personen, sowohl Männern als Weibern, untersucht. Die Harnproben der Weiber wurden durch Catheter entleert. Den Harn von jungen Personen zu untersuchen, habe ich keine Gelegenheit gehabt.

Da ich bei der Untersuchung des normalen Harns stets Chondroitinschwefelsäure wiederfand, war zu erwarten, dass etwa vorhandenes Eiweiss durch Essigsäure nebst Chloroform abgeschieden werden konnte. Ich habe auch diesen Weg befolgt.



Der Harn wurde (zur Conservirung) über Chloroform gesammelt. Der gut filtrirte Harn wurde durch die Probe nach Heller in der oben (Seite 402) angegebenen Weise untersucht. Wenn der Harn nicht im gewöhnlichen Sinne „eiweissfrei“ war, wurde er nicht bearbeitet.

Der Harn wurde dann dialysirt, durch Zusatz von Essigsäure bis 0.1 bis 0.2 Procent und Schütteln mit Chloroform gefällt. Die Fällung wurde gewöhnlich durch Auflösen in Wasser mit etwas Ammoniak, Zusatz von einigen Volumen Weingeist und Fällen durch Essigsäure gereinigt. Zur weiteren Untersuchung wurde sie in Wasser mit nur sehr wenig Ammoniak gelöst.

Diese Methode hat in der von Plösz<sup>1</sup> gebrauchten ihr Vorbild. Er hat den (nicht dialysirten) Harn durch Essigsäure stark sauer gemacht und durch Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol gefällt.

Die schliessliche Prüfung auf Eiweiss habe ich theils durch die Farbenreactionen und theils durch die Fällungsreactionen des Eiweisses ausgeführt. Der Ausschlag war durchgehends positiv. Nur in einer der Harnproben von Weibern war der Ausschlag so schwach, dass er als kaum deutlich bezeichnet werden darf.

Da die Einzelheiten der Untersuchungen nicht ohne Interesse sind, werde ich sie vorlegen.

In einer Versuchsreihe wurde der Harn von erwachsenen Männern durch die Fällungsreactionen des Eiweisses untersucht. Jede Harnprobe betrug etwa 1 Liter. Die Personen wurden aufgefordert, bei jeder Harnentleerung das zuerst Gelassene wegzugliessen. Unter 24 eingesammelten Proben waren drei nicht im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei. Die Untersuchung von einer Probe wurde durch Bakterienentwicklung vereitelt. Die in der oben angegebenen Weise erhaltene und gereinigte Fällung (im Folgenden als „Eiweissfällung“ bezeichnet), wurde in Wasser unter Zusatz einiger Tropfen Ammoniak von 0.1 Procent gelöst. Die filtrirte Lösung betrug etwa 10 bis 20 <sup>cem</sup>.

Nr. 1. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn neutral. Eigengew. = 1.027.<sup>2</sup> Die Probe nach Heller gab weder im unverdünnten, noch im verdünnten Harne einen Eiweissring.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab eine schöne Millon'sche Reaction. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und eine etwas diffuse Trübung etwa  $\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> höher. Mit Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz und Kochsalzlösung versetzt, gab sie beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung.

<sup>1</sup> P. Plösz, *Owosi hetilap*. 1890. Separatabzug.

<sup>2</sup> In Betreff des Eigengewichtes der Harnproben ist zu bemerken, dass das im Harn gelöste Chloroform dasselbe einen oder ein paar Grade zu hoch ausfallen liess.

Die Fällung durch Essigsäure war in einem Ueberschuss schwer löslich. Diese Lösung gab mit Ferrocyankalium (in geringer Menge zugesetzt), Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, dem Reagens von Esbach (Pikrinsäure + Citronensäure) und Quecksilberjodid-Jodkalium eine Fällung oder eine Trübung.

Nr. 2. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn schwach sauer. Eigengewicht = 1.030. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure; im verdünnten Harn keine Trübung.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, welche beim Kochen roth wurde. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring bei der Salpetersäure und einen anderen Ring  $\frac{1}{2}$  cm höher. Nach dem Zusatz von Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz (die Reaction war dann ziemlich stark sauer) gab sie beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung.

Die Lösung in ein wenig Salzsäure gab mit Ferrocyankalium eine reichliche Fällung.

In überschüssiger Essigsäure war die Fällung ziemlich leicht löslich. Diese Lösung wurde durch Ferrocyankalium, Metaphosphorsäure und Sulfosalicylsäure stark getrübt. Trichloressigsäure gab keine Trübung.

Nr. 3. Mann, 20 Jahre alt. Der Harn von amphoterer Reaction. Eigengewicht = 1.030. Die Probe nach Heller gab keinen Eiweissring (Krystalle von Harnsäure wurden abgeschieden); aus dem verdünnten Harn wurden auch allmählich Krystalle der Harnsäure abgeschieden; sonst keine Trübung.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab schöne Millon'sche Reaction. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und einen anderen Ring  $\frac{1}{3}$  cm höher.

Die Lösung in einem geringen Ueberschuss von Salzsäure gab eine reichliche Fällung mit Ferrocyankalium, dem Reagens von Esbach und Quecksilberjodid-Jodkalium. Metaphosphorsäure und Sulfosalicylsäure gaben eine starke Trübung.

In überschüssiger Essigsäure war die Fällung schwer löslich. Die Lösung gab mit (ein wenig) Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine reichliche flockige Fällung.

Nr. 4. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn schwach sauer. Eigengewicht = 1.029. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache diffuse Trübung etwas über der Salpetersäure; daselbst wurden dann Krystalle der Harnsäure ausgeschieden. Im verdünnten Harn entstand keine Trübung.

Die erhaltene Eiweissfällung verhielt sich wie im Falle Nr. 3. Auch durch Sublimat nebst Kochsalz wurde die Lösung in Salzsäure gefällt.

Nr. 5. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn sauer. Eigengewicht = 1.021. Die Probe nach Heller gab keine Trübung bei der Salpetersäure; etwa 1 cm höher oben eine schwache Trübung. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab nach Zusatz von Essigsäure, bis schwache Opalescenz auftrat (die Reaction war dann ziemlich stark sauer), und von dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung; nach dem Erkalten war die Lösung unverändert.

Bei den unter Nr. 3 angeführten Reactionen gaben die Lösungen reichliche Fällungen. Auch durch Sublimat nebst Kochsalz wurde die Lösung in Salzsäure gefällt.

**Nr. 6.** Mann, 23 Jahre alt. Der Harn mässig sauer. Eigengewicht = 1.023. Bei der Probe nach Heller wurde bald ein oberer Ring erhalten; darunter entstand dann (nach 20 Minuten) eine schwache Trübung mit Krystallen von Harnsäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn gab einen schwachen oberen Ring, aber keinen Eiweissring.

Die Lösung der Eiweissfällung wurde nach Zusatz von Essigsäure (zur schwachen Opalescenz und ziemlich stark sauren Reaction) beim Kochen gefällt.

Im Uebrigen verhielten sich die Lösungen wie im Falle Nr. 5.

**Nr. 7.** Mann, 22 Jahre alt. Der Harn von amphoterer Reaction. Bei der Probe nach Heller gab der Harn einen schwachen Ring 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, und allmählich (in 30 Minuten) eine schwache Trübung unter demselben, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn wurde gar nicht getrübt.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 3. Auch Sublimat nebst Salzsäure und Kochsalz gab eine Trübung.

**Nr. 8.** Mann, 23 Jahre alt. Der Harn neutral. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung etwa 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab nach Zusatz von Essigsäure bis zu saurer Reaction (noch keine Opalescenz) nebst dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung beim Kochen zwar eine Trübung, aber keine Fällung.

Im Uebrigen verhielten sich die Lösungen derselben wie im Falle Nr. 3.

**Nr. 9.** Mann, 22 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1.029. Die Probe nach Heller gab weder im unverdünnten, noch im verdünnten Harn eine Trübung.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 3.

**Nr. 10.** Mann, 22 Jahre alt. Die Filtration des Harns ging sehr langsam von Statten, da das Filtrum durch eine schleimige Substanz verstopft wurde. Die Reaction war mässig sauer. Eigengewicht = 1.028. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung etwa 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich fast ebenso, wie im Falle Nr. 3.

**Nr. 11.** Mann, 22 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1.022. Die Probe nach Heller gab einen schwachen Ring etwa 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung gaben die im Falle Nr. 3 angeführten Reactionen, wurden jedoch etwas stärker gefällt. Auch Sublimat gab bei der Gegenwart von Salzsäure und Kochsalz eine Trübung.

**Nr. 12.** Mann, 42 Jahre alt. Der Harn sauer, Eigengewicht = 1.023. Die Probe nach Heller gab sowohl im unverdünnten wie im verdünnten Harn eine schwache diffuse Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

**Nr. 13.** Mann, 24 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.025. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung ca. 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

**Nr. 14.** Mann, 21 Jahre alt. Der Harn ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1.024. Die Probe nach Heller gab eine schwache obere Trübung, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung in Essigsäure wurde nicht untersucht. Die übrigen Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

**Nr. 15.** Mann, 23 Jahre alt. Der Harn ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1.033 (Zucker war nicht zugegen). Die Probe nach Heller gab keine Trübung; der verdünnte Harn gab eine schwache obere Trübung.

Bei der Ausführung der im Falle Nr. 7 erwähnten Reactionen war das Ergebniss sehr stark positiv.

**Nr. 16.** Mann, 21 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.030. Bei der Ausführung der Probe nach Heller setzten sich Krystalle der Harnsäure ab; sonst war keine Trübung bemerkbar; der verdünnte Harn gab keine Trübung.

Die Lösungen der Eiweissfällung gaben starke Eiweisreactionen, wie im vorigen Falle.

**Nr. 17.** Mann, 23 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.030. Bei der Probe nach Heller wurden Krystalle der Harnsäure abgesetzt, aber kein Eiweissring gebildet; der verdünnte Harn gab eine schwache diffuse Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 5.

**Nr. 18.** Mann, 21 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.030. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung; im verdünnten Harn entstand eine ganz schwache Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

**Nr. 19.** Mann, 53 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1.025. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung; der verdünnte Harn gab eine ganz schwache Trübung einige Centimeter oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich fast wie im Falle Nr. 7. Der Ausschlag der Reactionen war jedoch etwas schwächer als in diesem Falle.

**Nr. 20.** Mann, 40 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.021. Die Probe nach Heller gab eine schwache diffuse Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure; ebenso im verdünnten Harne.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

In allen diesen 20 Harnproben habe ich also bei der Untersuchung der durch Essigsäure (unter Schütteln mit Chloroform) im dialysirten Harne bewirkten Fällungen starke und unzweideutige Reactionen eines genuinen Eiweisskörpers erhalten. Zu diesen Versuchen wurden jedoch nur solche Harnproben verwendet, welche man nach dem Ausschlage der Heller'schen Probe als eiweissfrei erklären würde.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass es die Regel ist, dass der Harn von erwachsenen Männern Eiweiss enthält.

In einer anderen Reihe wurde die Menge der Fällungen aus dem Harn erwachsener Männer bestimmt. Es wurde der Morgenharn von erwachsenen Männern gesammelt, wobei der bei jeder Harnentleerung zuerst gelassene Harn weggegossen wurde. Die Harnproben, eine (Nr. 23) ausgenommen, erwiesen sich bei der Prüfung nach Heller als im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei. Der Harn wurde dialysirt, mit Essigsäure (bis 0.2 Procent) unter Schütteln mit Chloroform gefällt. Diese Fällung wurde in Wasser mit ein wenig Ammoniak gelöst, mit Salzsäure bis zum Wiederauflösen der Fällung versetzt und 12 bis 24 Stunden bei etwa 0° aufbewahrt; eine Ausscheidung von Harnsäure war jedoch dabei nie zu sehen. Die Lösung wurde dann neutralisirt, mit Essigsäure bis 0.2 Procent versetzt und mit Chloroform geschüttelt. Die dann ausgeschiedene Fällung wurde auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, mit Essigsäure (0.1 Procent), dann mit Weingeist und zuletzt mit Aether gewaschen, dann getrocknet und gewogen. In den drei ersten Versuchen wurde die Fällung zur Aschenbestimmung verwendet. Die Aschenmenge war gering (0.5 bis 0.7 mg). In einigen der übrigen wurde die Proteinnatur der Fällung durch Millon's Reaction festgestellt.<sup>1</sup> Ein Theil des Filtrums mit der Fällung wurde in etwas Wasser niedergeführt, das Reagens zugesetzt und gekocht: die Fällung wurde dabei schön roth gefärbt. Auch wurde die Lösung der Fällung durch die Biuretprobe und die Probe von Adamkiewicz untersucht und zwar mit positivem Ergebniss. Uebrigens wurden die Fällungen zur Prüfung auf gepaarte Schwefelsäure, reducirende Substanz, Phosphor und Gallensäuren verwendet, worüber schon früher berichtet wurde.

Das Filtrat von der Fällung durch Essigsäure im dialysirten Harne wurde mit reinem Serumalbumin (0.24 g für je 1 Liter) gefällt. Diese Fällung wurde durch Lösen in Wasser und etwas Ammoniak und Fällern durch Essigsäure gereinigt. Sie wurde dann auf ein gewogenes Filtrum gesammelt, mit Essigsäure (0.1 Procent), dann mit Weingeist und zuletzt mit Aether gewaschen, getrocknet und gewogen. In den drei ersten Versuchen wurde die Asche bestimmt; sie war gering (0.1 bis 0.7 mg). In den übrigen Versuchen wurde die Fällung, wie vorher berichtet, auf gepaarte Schwefelsäure, reducirende Substanz, Phosphor und Gallensäuren geprüft.

Die Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen finden sich in der folgenden Tabelle wieder.

---

<sup>1</sup> Dies geschah auch bei mehreren anderen Versuchen, wo die Fällung nicht gewogen wurde.

	I. Fällung durch Essig- säure nebst Chlorof. Aus 1 Liter Harn	II. Fällung durch Serumalb. i. Filtrate. Aus 1 Liter Harn	III. Summe von I. u. II. Aus 1 Liter Harn
Nr. 21. Mann, 39 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.019. Die Probe nach Heller gab eine Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure; dort wurden dann Krystalle der Harnsäure ausgeschieden. Kein Eiweissring. Im verdünnten Harn eine schwache Trübung etwa 1 <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.	0.028	0.045	0.073
Nr. 22. Mann, 27 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.025. Die Probe nach Heller gab allmählich eine schwache Trübung $\frac{1}{2}$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0.031	0.056	0.087
Nr. 23. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.023. Die Probe nach Heller gab allmählich einen schwachen, aber deutlichen Eiweissring und einen anderen Ring etwa 1 <sup>cm</sup> oberhalb desselben. Der verdünnte Harn gab eine schwache Trübung 1 bis 2 <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.	0.024	0.032	0.058
Nr. 24. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1.029. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung $\frac{1}{2}$ bis 1 <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0.069	0.046	0.115
Nr. 25. Mann, 27 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1.020. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung $\frac{1}{2}$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab gar keine Trübung.	0.040	0.059	0.099
Nr. 26. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.023. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.	0.035	0.073	0.108
Nr. 27. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn stark sauer; Eigengewicht = 1.031. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung etwa $\frac{1}{2}$ cm oberhalb der Salpetersäure. Der verdünnte Harn gab bei der Probe eine schwache Trübung 2 <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.	0.089	0.066	0.155
Nr. 28. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1.017. Bei der Probe nach Heller entstand allmählich eine schwache Trübung dicht oberhalb der Salpetersäure, aber kein begrenzter Eiweissring. Im verdünnten Harn entstand gar keine Trübung.	0.034	0.051	0.085

	I. Fällung durch Essig- säure nebst Chlorof. Aus 1 Liter Harn g	II. Fällung durch Serumalb. i. Filtrate. Aus 1 Liter Harn g	III. Summe von I. u. II. Aus 1 Liter Harn g
Nr. 29. Mann, 41 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1.021. Bei der Probe nach Heller entstand allmählich eine Trübung dicht oberhalb der Salpetersäure, aber kein begrenzter Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0.083	0.056	0.089
Nr. 30. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1.021. Bei der Probe nach Heller gab der Harn eine schwache Trübung $\frac{1}{2}$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab gar keine Trübung.	0.025	0.054	0.079

Die in der Spalte I aufgeführten Werthe geben, soweit es durch diese Methode geschehen kann, eine Vorstellung von der Menge des Eiweisses. Diese war offenbar ziemlich schwankend. Eine Regel für diese Schwankungen ist nicht zu sehen, wo nicht vielleicht die, dass eine höhere Eiweissmenge bei einem höheren Eigengewicht des Harns gefunden wurde. Zu bemerken ist, dass der Harn (Nr. 23), in welchem die Probe nach Heller einen deutlichen, wenn auch schwachen Ausschlag gab, fast den niedrigsten Werth gab.

Die zweite Spalte, deren Werthe ein Ausdruck für den Theil der eiweissfällenden Substanzen sind, welcher nicht in der ersten Fällung enthalten war, bietet etwas geringere Schwankungen dar. Der Harn Nr. 23, in welchem das Eiweiss durch die Probe nach Heller nachgewiesen werden konnte, gab den niedrigsten Werth.

Die dritte Spalte, in welcher die ganze Menge der eiweissfällenden Substanzen ihren Ausdruck (durch die ganze zu erhaltende Eiweissfällung) findet, hat auch ziemlich schwankende Werthe aufzuweisen. Der Harn Nr. 23, welcher sich bei der Probe nach Heller als eiweisshaltig erwies, gab den niedrigsten Werth. Der Ausschlag der Probe nach Heller scheint hierbei nicht die Eiweissmenge anzugeben, sondern eher den Grad anzuzeigen, in welchem die Fällbarkeit des Eiweisses durch die eiweissfällenden Substanzen beeinflusst wird.

In den folgenden Versuchen wurde der durch Catheter entleerte Harn von Weibern untersucht. Gegen die Verwendung von Harn der Männer zur Entscheidung der Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn hat nämlich Plösz angewendet, dass dieser Harn bei der Passage durch die Harnröhre mit eiweisshaltigen Secreten vermischt werden kann. Er giebt sogar an, dass solches Secret in die Blase hineindringen kann. Er hebt daher als wünschenswerth hervor, dass die Untersuchung auf den Harn von Weibern ausgedehnt wird. Um einer Beimischung des Schleimes der Vulva zuvorzukommen, muss dieser Harn durch Catheter entleert werden. Plösz hat keine dergleichen Versuche veröffentlicht.

Durch die Freundlichkeit eines Collegen wurde es mir möglich, den durch Catheter entleerten Harn von Weibern zu untersuchen, welche entweder mit gar keiner Krankheit, oder wenigstens keiner solchen behaftet waren, von der man einen Einfluss auf den Eiweissgehalt des Harnes erwarten konnte. Die Harnmenge, welche erhalten wurde, war natürlich ziemlich klein, da nur einzelne Harnproben gesammelt werden konnten.

Unter 28 Harnproben gaben 6 positiven Ausschlag bei der Eiweissprobe nach Heller; in einigen derselben war der Ausschlag freilich ganz schwach; alle diese sechs Proben wurden jedoch von der Untersuchung ausgeschlossen.

Die gut filtrirten Proben wurden dialysirt, mit Essigsäure (bis 0.1 bis 0.15 Procent) und mit Chloroform versetzt, und im Laufe von einigen Tagen mehrmals kräftig geschüttelt. Die erhaltenen Fällungen wurden in den ersten Versuchen durch die Farbenreactionen des Eiweisses untersucht; in einer zweiten Reihe wurden auch die Fällungsreactionen des Eiweisses angewendet. Der Ausschlag war stets positiv. Nur in einem verdünnten Harne (Eigengewicht 1.010; 150<sup>mm</sup>) fielen die Reactionen so schwach aus, dass der Ausschlag als kaum deutlich angesehen werden kann.

Im Folgenden werden die Einzelheiten der Untersuchung mitgetheilt. Die Aufzeichnungen des Arztes werden beigelegt.

In den ersten 8 Versuchen wurden die Fällungen mit ein wenig Wasser, mit Weingeist und mit Aether gewaschen und dann durch die Reaction von Millon untersucht: ein Theil des Filtrats sammt der Fällung wurde in etwas Wasser eingetaucht, das Reagens zugesetzt und gekocht. Die Fällung wurde dann schön roth gefärbt. Zur Ausführung der Biuretprobe wurde ein Theil der Fällung in etwas Wasser mit ein wenig Natronlauge gelöst, Kupfersulfat zugesetzt und dann filtrirt.



**Nr. 1.** Das Weib 39 Jahre alt. „Hysterisch, chronischer Uterinkatarrh, unregelmässige Blutungen.“

Der Harn mässig stark gefärbt, schwach sauer. Die Probe nach Heller gab eine Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die aus 325<sup>ccm</sup> des Harns erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon und auch die Biureprobe.

**Nr. 2.** Das Weib 30 Jahre alt. „Gesund; fragt wegen Sterilität.“ Der Harn von gewöhnlicher Farbe, ziemlich stark sauer. Bei der Probe nach Heller entstand gar keine Trübung. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Der aus 45<sup>ccm</sup> erhaltene Niederschlag war gering; gab eine schwache, aber völlig deutliche Farbe bei der Reaction nach Millon.

**Nr. 3.** „Die Patientin ohne andere als rein nervöse Symptome.“ Der Harn von mässig starker Farbe; die Reaction amphotär. Eigengewicht = 1.028. Bei der Probe nach Heller wurde ein starker Uratring, aber kein Eiweissring erhalten. Im verdünnten Harn entstand eine Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring wurde erhalten.

Die aus 95<sup>ccm</sup> erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon.

**Nr. 4.** Das Weib 22 Jahre alt. „Nichts Abnormes.“ Der Harn von gewöhnlicher Farbe, schwach alkalisch. Eigengewicht = 1.022. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die aus 250<sup>ccm</sup> erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon und auch die Biureprobe.

**Nr. 5.** Das Weib 44 Jahre alt. „Chronische Endometritis.“ Der Harn von normaler Farbe, die Reaction sauer. Eigengewicht = 1.022. Bei der Probe nach Heller wurde gar keine Trübung erhalten.

Die aus 70<sup>ccm</sup> des Harns erhaltene Fällung gab eine schwache, aber sehr deutliche Reaction nach Millon.

**Nr. 6.** Das Weib 40 Jahre alt. „Chronische Endometritis.“ Der Harn von normaler Farbe; die Reaction ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1.023. Bei der Probe nach Heller entstand ein Uratring, aber kein Eiweissring. Auch im verdünnten Harn entstand kein Eiweissring.

Die aus 130<sup>ccm</sup> des Harns erhaltene Fällung gab eine schwache, aber deutliche Reaction nach Millon.

**Nr. 7.** Das Weib 44 Jahre alt. „Chronischer Uterinkatarrh.“ Der Harn von normaler Farbe; die Reaction ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1.011. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.

Die aus 100<sup>ccm</sup> des Harns erhaltene Fällung gab eine deutliche, obgleich schwache Reaction nach Millon.

**Nr. 8.** Das Weib 23 Jahre alt. „Endometritis chronica, perimetritis bilateralis.“ Der Harn von gewöhnlicher Farbe; die Reaction neutral. Eigengewicht = 1.017. Bei der Probe nach Heller wurde eine Trübung etwa  $\frac{1}{2}$  cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Auch im verdünnten Harn entstand eine schwache Trübung 1 bis 2<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure.

Die aus 130<sup>ccm</sup> erhaltene Fällung gab eine schöne, aber nicht starke Reaction nach Millon.

In den folgenden Versuchen kamen die Fällungsreactionen des Eiweisses zur Verwendung. In den ersten drei Versuchen wurde die durch Essigsäure (bis 0.01 bis 0.15 Procent) unter Schütteln mit Chloroform im dialysirten Harn bewirkte Fällung in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure gefällt. Da ich einen Verlust durch das Wiederauflösen und Fällen befürchtete, wurden in den folgenden Versuchen die Fällungen nach dem Waschen mit Weingeist und Aether zur Untersuchung verwendet. Die Fällungen wurden in einigen wenigen Cubikcentimetern Wasser unter Zusatz von einigen Tropfen Ammoniak (0.1 Procent) gelöst.

**Nr. 9.** Das Weib 30 Jahre alt. „Endometritis chronica.“ Der Harn ziemlich blass; die Reaction stark sauer. Eigengewicht = 1.019. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung etwa 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der aus 130<sup>cm</sup> erhaltenen Fällung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die beim Kochen roth wurde. Die Probe nach Heller gab so gleich einen Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und einen oberen Ring; sie fliessen allmählich zusammen.

In einem Ueberschuss von Salzsäure war die Fällung schwer löslich. Die Lösung gab mit Ferrocyankalium, mit dem Reagens von Esbach, und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine Trübung und später eine flockige Fällung.

Durch Zusatz von Essigsäure (25 Procent) wurde keine klare Lösung erhalten.

**Nr. 10.** Das Weib 41 Jahre alt. „Endometritis chronica.“ Der Harn von blasser Farbe; die Reaction schwach sauer; Eigengewicht = 1.018. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache Trübung 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Ebenso im verdünnten Harn.

Die Lösungen der aus 120<sup>cm</sup> erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9.

**Nr. 11.** Das Weib 44 Jahre alt. „Endometritis chronica.“ Der Harn von blasser Farbe, sauer. Eigengewicht = 1.021. Er war reich an Uraten, die in der Kälte abgeschieden wurden. Bei der Probe nach Heller gab er eine schwache Trübung 1<sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab keine Trübung.

Die Lösungen der aus 225<sup>cm</sup> erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9.

**Nr. 12.** Das Weib 19 Jahre alt. „Keine nachweisbare Krankheit.“ Der Harn von blasser Farbe; die Reaction neutral; Eigengewicht = 1.010. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.

Die Lösungen der aus 200<sup>cm</sup> erhaltenen Fällung gaben die Eiweissreactionen wie im Falle Nr. 9, jedoch schwächer. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

**Nr. 13.** „Nichts Abnormes.“ Der Harn von ziemlich starker Farbe; stark sauer; Eigengewicht = 1.019; reich an Uraten, welche durch Abkühlen entfernt wurden. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache Trübung

$\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich in derselben Weise.

Die Lösungen der aus 160 <sup>cm</sup> erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt, und später entstand eine feinflockige Fällung.

Nr. 14. Das Weib 27 Jahre alt. „Dysmenorrhoe.“ Der Harn von blasser Farbe, sauer; Eigengewicht = 1.016. Bei der Probe nach Heller wurde eine diffuse Trübung  $\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 140 <sup>cm</sup> erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

Nr. 15. Das Weib 42 Jahre alt. „Endometritis chronica.“ Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1.023. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache diffuse Trübung  $\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 55 <sup>cm</sup> des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich fast wie im Falle Nr. 9; die Reactionen fielen jedoch schwächer aus.

Nr. 16. Das Weib 30 Jahre alt. „Endometritis.“ Der Harn ziemlich stark gefärbt, schwach sauer; Eigengewicht = 1.014. Bei der Probe nach Heller entstand bald eine Trübung etwa 1 <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 140 <sup>cm</sup> erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen, wenn auch etwas schwächer. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt.

Nr. 17. Das Weib 50 Jahre alt. „Myoma uteri.“ Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1.019. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung etwa  $\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 190 <sup>cm</sup> des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Die salzsaure Lösung wurde ausserdem mit Sulfosalicylsäure und mit Metaphosphorsäure, die essigsäure Lösung mit Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium geprüft und zwar mit positivem Ergebniss.

Nr. 18. Das Weib 28 Jahre alt. „Dysmenorrhoe.“ Der Harn von blasser Farbe; alkalisch; Eigengewicht = 1.010. Bei der Probe nach Heller entstand eine ganz schwache Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring; im verdünnten Harn keine Trübung.

Die Lösungen der aus 150 <sup>cm</sup> erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen sehr schwach. In der essigsäuren Lösung gab Ferrocyankalium eine sehr schwache Trübung. Das Eiweiss war also kaum deutlich nachweisbar.

Nr. 19. Das Weib 25 Jahre alt. „Perimetritis.“ Der Harn ziemlich stark gefärbt; stark sauer; setzte freie Harnsäure ab; Eigengewicht = 1.026. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung, welche  $\frac{1}{2}$  <sup>cm</sup> oberhalb der Salpetersäure am stärksten war, sich aber auch nach unten streckte; aber kein begrenzter Eiweissring fand sich vor. Der verdünnte Harn gab einen mehr begrenzten oberen Ring, aber keinen Eiweissring.

Die Lösungen der aus 250<sup>ccm</sup> des Harns erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen sehr stark. Die salzsaure Lösung wurde ausserdem durch Sulfosalicylsäure gefällt und durch Metaphosphorsäure oder Trichloressigsäure stark getrübt. Die essigsäure Lösung wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium flockig gefällt.

Nr. 20. Das Weib 30 Jahre alt. „Hysterie.“ Der Harn von gewöhnlicher Farbe; schwach sauer; Eigengewicht = 1.019. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung  $\frac{1}{2}$  cm oberhalb der Salpetersäure. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 360<sup>ccm</sup> erhaltenen Fällung verhielten sich fast ebenso wie im Falle Nr. 9. Auch durch Sulfosalicylsäure, durch Metaphosphorsäure, und durch Trichloressigsäure wurde in der salzsauren Lösung und durch Ferrocyankalium oder Quecksilberjodid-Jodkalium in der essigsäuren Lösung starke Trübung bewirkt.

Nr. 21. Das Weib 48 Jahre alt. „Myoma uteri.“ Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1.020. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung etwa  $\frac{1}{2}$  cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 250<sup>ccm</sup> des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

Nr. 22. Das Weib 58 Jahre alt. Der Harn mässig stark gefärbt; neutral; Eigengewicht = 1.018. Bei der Probe nach Heller verhielt sich der Harn wie im Falle Nr. 19.

Die Lösungen der aus 400<sup>ccm</sup> des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 19.

Das Ergebniss der Untersuchungen dieser 22, mit Catheter entleerten Harnproben von Weibern stimmt mit dem für den Harn von Männern gefundenen überein. Auch hier wurde Eiweiss wiedergefunden. In einem Falle fielen die Reactionen so schwach aus, dass sie kaum deutlich waren. In den übrigen Fällen waren sie stets deutlich. Im Allgemeinen fielen die Reactionen schwächer aus, als in den Untersuchungen der Harnproben von Männern. Es scheint mir jedoch verfrüht, daraus den Schluss ziehen zu wollen, dass der Harn von Weibern überhaupt ärmer an Eiweiss sei. Die Harnproben von den Weibern waren nämlich kleiner als die von den Männern; in einigen Fällen waren sie sehr klein. Mehrmals war auch die Dichte des Harns von den Weibern viel geringer, als die der Harnproben von den Männern. Diese Umstände scheinen mir den Unterschied, wenigstens zu einem grossen Theil, zu erklären.

---

Die Ansicht, dass Eiweiss ein normaler<sup>1</sup> Bestandtheil des Harns

---

<sup>1</sup> Wie ich bemerkt habe, werde ich nicht auf die Untersuchungen eingehen, welche in der Absicht ausgeführt wurden, zu ermitteln, wie oft man bei der unmittelbaren Prüfung des Harns von gesunden Personen mittels des einen oder

von erwachsenen Menschen sei, ist zuerst von Senator<sup>1</sup> ausgesprochen worden. Er geht von den Beobachtungen aus, in welchen das Eiweiss in Harnproben von gesunden Menschen mittels der gewöhnlichen Eiweisssreactionen unmittelbar nachgewiesen wurde. Auf theoretischem Wege deducirt er, dass sich nicht allein in diesen Harnproben, sondern auch in jedem anderen Harne Eiweiss, obwohl in geringer Menge, vorfindet.

In den Untersuchungen von Posner<sup>2</sup> fand diese Ansicht eine Stütze. Der filtrirte Harn wurde mit Alkohol (oder Tannin) gefällt. Die Fällung wurde mit Wasser gewaschen, da eine Proteinsubstanz, welche er als Mucin betrachtete (vergleiche unten), in der Lösung enthalten war. Der Rückstand wurde durch Essigsäure gelöst. Diese Lösung gab mit Ferrocyankalium, Metaphosphorsäure, Salpetersäure, mit der Reaction von Adamkiewicz und anderen Reactionen ein positives Ergebniss, wodurch Posner die Gegenwart von Eiweiss nachwies. Er hat auch einen anderen Weg befolgt. Der Harn wurde nach dem Zusatz von Essigsäure vorsichtig eingeeengt und dann das Eiweiss nachgewiesen.

In allen untersuchten Harnproben, welche theils von Erwachsenen und theils (in geringer Zahl) von Kindern herrührten, fand Posner ein positives Ergebniss. Den qualitativen Reactionen nach bezeichnet er das Eiweiss als Serumeiweiss.

Die Untersuchungen Posner's wurden von anderen (Senator, Duden,<sup>3</sup> v. Noorden) bestätigt.

des anderen Reagenses ein positives Ergebniss erhält, und weiter um die Momente zu erforschen, welche das Auftreten des in dieser Weise nachweisbaren Eiweisses verursachen. Je nach dem Reagense, welches zur Verwendung kam und je nach der Art der Handhabung eines und desselben Reagenses ist der Procentsatz der Albuminuriefälle verschieden ausgefallen. In der Hinsicht stimmen jedoch fast alle Angaben überein, dass man gar nicht selten beim Untersuchen des Harns von gesunden Personen mittels der gewöhnlichen Eiweisssproben ein positives Ergebniss erhält. Ich kann um so eher von einer Aufzählung dieser Arbeiten Abstand nehmen, als Harnproben, wo ich das Eiweiss unmittelbar (durch die Probe nach Heller) nachweisen konnte, von meiner Untersuchung ausgeschlossen wurden. Durch die von mir mitgetheilten Untersuchungen beabsichtige ich zu entscheiden, ob das Eiweiss als ein normaler Harnbestandtheil anzusehen ist, und die Natur des normalen Harneiweisses festzustellen. Unter den Untersuchungen Anderer darf ich daher nur auf diejenigen hinweisen, welche diese Fragen berühren.

<sup>1</sup> H. Senator, *Die Albuminurie*. 1882 und 2. Aufl. 1890.

<sup>2</sup> C. Posner, *Berliner klin. Wochenschr.* 1885. S. 654; *Arch. f. path. Anat. u. Physiol. u. f. klin. Medicin.* 1886. Bd. CIV, S. 497; *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1887. S. 495.

<sup>3</sup> Duden, *Centrabl. f. d. medic. Wissensch.* 1887. S. 238.

Um die Ergebnisse Posner's zu prüfen, hat W. Leube<sup>1</sup> den Harn (theils filtrirten, theils unfiltrirten) im Vacuum eingengt und dann geprüft. Oft konnte er dann Eiweiss nachweisen (am häufigsten im Sedimente des eingengten Harns), auch wenn kein Eiweiss im ursprünglichen Harn direct nachgewiesen werden konnte. Sehr selten, sagt er, ist ein Harn völlig frei von Eiweiss. Bisweilen war jedoch das Ergebniss negativ; im Besonderen war dies mit dem Harn eines Kindes der Fall, welcher bei wiederholten Untersuchungen eiweissfrei gefunden wurde.

Durch eine andere Methode, als die von Posner gebrauchte, hat Plösz<sup>2</sup> die Gegenwart von Proteinstoffen in jedem normalen (filtrirten)<sup>3</sup> Harne nachgewiesen. Er hat nämlich, wie ich schon oben angeführt habe, den Harn durch Essigsäure sauer gemacht und mit Aether (Amylalkohol oder Chloroform) geschüttelt. Die dabei abgeschiedene gallertige Fällung gab die Farbenreactionen der Eiweissstoffe (die Reactionen von Millon, Adamkiewicz u. a.). Ein Theil derselben war in Essigsäure, Wasser, Kochsalzlösung löslich. Dieser Theil wird als ein Eiweisskörper angesehen. Der in Essigsäure unlösliche Theil wird zu den Mucinsubstanzen gerechnet; daraus wurde jedoch keine reducirende Substanz durch Erwärmen mit Salzsäure gebildet. Die Frage über die Herkunft dieser Proteinstoffe lässt er offen. Theils sind in der Absonderung der Schleimhäute neben den Mucinsubstanzen auch Eiweissstoffe enthalten; theils war die gefundene Mucinsubstanz nicht so charakteristisch, dass sie sicher von der Schleimhaut abgeleitet werden konnte. Besonders hebt er hervor, dass die Gegenwart des Eiweisses im Harn nicht eine Eiweissausscheidung durch die Nieren beweist, da nämlich der untersuchte Harn von Männern herstammte. Bei den Männern können nämlich eiweisshaltige Drüsensecrete (von der Prostata und von anderen Drüsen) in die Harnröhre oder sogar in die Blase hineindringen und dem Harne beigemischt werden.

In seiner Arbeit „Ueber Albuminurie bei gesunden Menschen“<sup>4</sup> stellt v. Noorden (S. 221 und S. 240) die Frage auf, „ob bei dem gesunden Menschen unter den gewöhnlichen Verhältnissen des täglichen Lebens und bei Leistungen des Organismus, welche ihn nicht aus dem physiologischen Zustand entfernen, Albumin in den Harn übertritt.“

Zur Beantwortung hat er also dieselbe Frage aufgestellt, auf

<sup>1</sup> W. Leube, *Zeitschr. f. klin. Medicin.* 1888. Bd. XIII, S. 1.

<sup>2</sup> P. Plösz, *Orrosi hetilap.* 1890.

<sup>3</sup> Nach brieflicher Mittheilung.

<sup>4</sup> C. v. Noorden, *Deutsch. Arch. f. klin. Medicin.* 1886. Bd. XXXVIII, S. 205—247.

welche Senator und Posner bejahend antworten. In seinen Schlussfolgerungen (S. 247) wird jedoch die Frage wesentlich eingeschränkt, da er sich nur darüber äussert, „in welchem Umfang Albumin im Harn gesunder Menschen mittels der besten, bis jetzt bekannten Methoden sicher nachgewiesen werden kann.“ Zum Nachweis des Eiweisses hat er die Kochprobe unter Zusatz von Kochsalz und Essigsäure und die Probe mit Essigsäure und Ferrocyankalium gebraucht. Er giebt dagegen zu, dass Eiweiss vielleicht durch mehr complicirte Methoden nachgewiesen werden könne, wo er es nicht wiederfinden konnte. Diese Arbeit v. Noorden's fällt also hauptsächlich ausserhalb des Rahmens dieser Darlegung. Auf einen Punkt derselben werde ich unten zurückkommen, nämlich auf die Frage über das sogenannte „Mucin“, welches er gewöhnlich mit dem Eiweiss zusammen und im gewissen Verhältniss zu demselben auftreten sah.

In einer späteren; ebenso betitelten Veröffentlichung,<sup>1</sup> welche der Publication Posner's nachfolgte, hat v. Noorden die Angaben von Posner bestätigt.

Winternitz<sup>2</sup> bestreitet die Angaben von Senator und Posner, dass Eiweiss ein normaler Harnbestandtheil sei. Dies wird jedoch nur durch die Untersuchung einiger weniger Harnproben gestützt. Schon deshalb kann ja sein negatives Ergebniss die Aussage Posner's, welche auf die Untersuchung einer viel grösseren Zahl von Harnproben gegründet ist, nicht entkräften. Es zeigt ja höchstens, dass es Ausnahmen von der Regel giebt. Uebrigens ist die von Winternitz gebrauchte Untersuchungsmethode von Malfatti<sup>3</sup> sehr streng kritisirt worden.

Einwendungen, welche als sehr bedeutungsvoll erscheinen, sind von Malfatti<sup>4</sup> gegen die Untersuchungen Posner's gemacht worden. Er sagt, dass die Substanz, welche Posner als Eiweiss (und mit Wahrscheinlichkeit als Serumeiweiss) bezeichnete, ein Mucin war. Wo unzweideutige Eiweissreactionen (z. B. mit Essigsäure und Ferrocyankalium) erhalten wurden, war dies von einer Zersetzung des Mucins unter Abscheidung von Eiweiss (einem Albuminat) verursacht. Er stützt diese Ansicht darauf, dass, wenn der Harn mit mucinfällenden Reagentien (er benutzte Essigsäure oder Monokaliumphosphat) behandelt wurde,

<sup>1</sup> C. v. Noorden, *Berliner klin. Wochenschr.* 1886. S. 166.

<sup>2</sup> H. Winternitz, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XV, S. 189; Bd. XVI, S. 439.

<sup>3</sup> H. Malfatti, *Wiener klin. Wochenschr.* 1892. Nr. 46.

<sup>4</sup> H. Malfatti, *Internation. Centralbl. f. d. Physiol. u. Pathol. d. Harn- u. Sexualorgane.* Bd. I, S. 66–76, S. 429–443; Bd. III, S. 17–24; *Wiener klin. Wochenschr.* 1891. S. 433.

bei der Bearbeitung des Harns nach Posner kein Eiweiss erhalten ward; wenigstens war dies oft der Fall. Das Verhalten der ausgeschiedenen Substanz gegen Fällungs- und Lösungsmittel findet er mit dem des Mucins übereinstimmend. Bei der Bearbeitung von unfiltrirtem Harn konnte er auch nachweisen, dass die abgeschiedene Substanz beim Erhitzen mit Salzsäure eine reducirende Substanz gab, wodurch die Mucinsubstanz noch sicherer begründet erschien. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass dabei auch die Nubecula in der Fällung vorhanden war; diese enthält aber, wie ich oben hervorgehoben habe, eine Mucinsubstanz. Aus meinen oben mitgetheilten Untersuchungen geht übrigens hervor, dass frühere Versuche die Gegenwart eines aufgelösten Mucins im Harn nicht bewiesen haben.

In einem Falle von sogenannter physiologischer Albuminurie, d. h. wo eine allem Anschein nach gesunde Person mit dem Harne Eiweiss ausschied, das durch die gewöhnlichen Eiweissreactionen unmittelbar nachgewiesen werden konnte, fand er dasselbe Ergebniss, welches dahin gedeutet wurde, dass der Harn kein Serumeiweiss, sondern „Mucin“ enthielt.

Die Möglichkeit, dass neben dem sogenannten „Mucin“ auch eine Spur von Nucleoalbumin im normalen Harne vorkommen kann, will er jedoch nicht bestreiten.

Gegen die Angaben von Plösz wendet Malfatti ein, dass „sie nur die Eiweisskörper der falschen Albuminurie berücksichtigen, da das Serumalbumin aus saurer Lösung durch Schütteln mit Aether nicht gefällt werde.“ Dieser Ausspruch würde jedoch einer experimentellen Stütze bedürfen; beim Schütteln der essigsäurehaltigen Lösung mit Chloroform wird nämlich das Serumalbumin allmählich gefällt, wie ich oben hervorgehoben habe.

Zu der Ansicht Senator's und Posner's, dass der normale Menschenharn Serumeiweiss enthalte, und zu der Theorie Senator's, dass ein Theil des Eiweisses des Blutes durch die Glomeruli in den Harn übergehe, steht die Auffassung Malfatti's natürlich in entschiedenem Widerspruch. Die Substanz, welche Malfatti als ein „Mucin“ auffasst, scheint ihm jedoch von den Nieren herkommen zu können, da sie beim Beginn und zu Ende der eigentlichen Albuminurie besonders reichlich vorkommen kann. (Die Erklärung dieses Verhaltens werde ich unten geben.)

Wenn man in den Handbüchern nachsieht, inwiefern die Theorie von Senator und die Untersuchungen von Posner berücksichtigt werden, so findet man sie bisweilen, jedoch mit einiger Reservation erwähnt. Nirgends in der mir zugänglichen Litteratur der letzten Jahre werden sie als bewiesen oder nur als wahrscheinlich angeführt.



Von Hammarsten<sup>1</sup> wird zwar Posner unter denen erwähnt, welche Spuren von Eiweiss als einen normalen Harnbestandtheil betrachten (S. 114) und die in dem Harn anscheinend gesunder Personen Spuren von Eiweiss in vielen Fällen beobachtet haben (S. 330). Es wird jedoch hinzugefügt, dass andere Forscher diese Eiweiss Spuren als das erste Zeichen einer, wenn auch äusserst gelinden, Erkrankung des uropoëtischen Apparates oder als Zeichen einer rasch vorübergehenden Circulationsstörung betrachten.

Halliburton<sup>2</sup> giebt an, „dass normaler Harn von Protetiden völlig frei sei.“

Huppert<sup>3</sup> sagt: „Der normale Harn enthält einen gewöhnlich als Mucin bezeichneten, höchst wahrscheinlich aber den Nucleoalbuminen angehörigen Eiweisskörper.“ Serumeiweiss wird nicht als ein normaler Harnbestandtheil erwähnt.

In dem semiotischen Theile derselben Arbeit hat Thomas<sup>4</sup> die Untersuchungen von Posner erwähnt, zugleich führt er aber an, dass Malfatti es wahrscheinlich gemacht hat, dass es sich nicht um Serumalbumin, sondern um Mucin gehandelt habe.

In seiner Arbeit hat v. Jaksch<sup>5</sup> Senator und Posner citirt. Es wird aber hinzugefügt, dass die Untersuchungen v. Noordens die Frage über die physiologische Albuminurie im wesentlich negativen Sinne beantwortet haben, und dass die Untersuchungen von ihm selbst und von Leube und Winternitz erwiesen haben, dass nicht jeder Harn Eiweiss enthält.

Laache<sup>6</sup> nimmt zu dieser Frage eine neutrale Stellung. Er führt die Angaben von Senator und Posner an. Er sagt aber, dass Winternitz, Lang, Lecorché und Talamon sich gegen die Annahme aussprechen, dass Albumin im gesunden Zustande mit dem Harn abgesondert werde.

Der Grund dazu, dass die Angaben von Senator und Posner so wenig durchgedrungen sind, kann nicht darin liegen, dass sie keine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt haben, oder dass sie als interesselos

<sup>1</sup> O. Hammarsten, *Lehrbuch der physiol. Chemie*. 1891. S. 314 u. 330.

<sup>2</sup> Halliburton, *A textbook of chemical physiology and pathology*. 1891. S. 709.

<sup>3</sup> Huppert, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 9. Aufl. 1890. Th. I, S. 252.

<sup>4</sup> Thomas, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 9. Aufl. 1890. Th. II, S. 19.

<sup>5</sup> v. Jaksch, *Klinische Diagnostik*. 3. Aufl. 1892. S. 300.

<sup>6</sup> Laache, *Klinisch Urin-Analyse*. 2. Aufl. 1892. S. 50.

angesehen wurden. Im Gegentheil werden hoffentlich sowohl Physiologen als Klinici zugeben, dass die Frage über das normale Vorkommen von Serumalbumin im Harn sowohl für die Auffassung der Albuminurie im Allgemeinen als speciell der sogenannten physiologischen oder transitorischen Albuminurie viel Interesse darbietet. Eher ist anzunehmen, dass die Untersuchungen nicht als hinreichend angesehen wurden, um die Frage klarzulegen und zu beantworten.

Ein Mangel der Beweisführung ist auch besonders von Malfatti und v. Noorden hervorgehoben worden, der nämlich, dass die Stellung des gefundenen Eiweisses zum sogenannten „Mucin“ des Harns nicht ermittelt wurde. Noch weniger wurde die Natur dieses sogenannten „Mucins“ dargethan.

Um diese Fragen zu beleuchten, ist es nöthig, dass ich die Angaben über dieses sogenannte „Mucin“ anführe und die Natur dieser Substanz klarlege.

Diese Substanz wurde zuerst von Reissner<sup>1</sup> unter dem Namen „aufgelöstes Mucin“ beschrieben. Im normalen Harn fand er sie nicht; er bezweifelt jedoch nicht die Gegenwart derselben. Sehr oft wurde sie bei verschiedenen Krankheiten, besonders Fieberkrankheiten gefunden. Oft trat beim Fieber zuerst „Mucin“ und dann Eiweiss im Harn auf. Nach dem Verschwinden des Eiweisses dauerte die Ausscheidung des „Mucins“ während einiger Tage fort.

Diese Substanz wurde später von F. Hofmeister<sup>2</sup> erwähnt, welcher angiebt, dass der Harn sowohl von Gesunden als von Kranken oft oder vielleicht immer eine mucinähnliche Substanz enthält.

Bei seinen Versuchen über die experimentelle Albuminurie durch Compression des Brustkastens traf J. Schreiber<sup>3</sup> einen Eiweisskörper im Harn an, welcher in der Fällbarkeit durch Essigsäure dem Mucin ähnlich war, der aber beim Kochen mit einer Säure keine reducirende Substanz abgab.

Von derselben Natur scheint der von F. Müller<sup>4</sup> als Globulin beschriebene Körper gewesen zu sein. Diesen Eiweisskörper fand er zuerst im Harn eines Leukämikers, dann bei verschiedenen anderen Krankheiten (Pneumonie, Typhus).

Die Gegenwart dieses sogenannten „Mucins“ hat besonders bei der Bearbeitung der Frage über das Vorkommen von Eiweiss in dem

<sup>1</sup> J. Reissner, *Archiv f. pathol. Anat. u. Physiol.* 1862. Bd. XXIV, S. 191.

<sup>2</sup> F. Hofmeister, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1880. Bd. IV, S. 255, 261.

<sup>3</sup> F. Schreiber, *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharm.* 1885. Bd. XIX, S. 255. 1886. Bd. XX, S. 87.

<sup>4</sup> F. Müller, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XV, S. 236.

normalen Harn Interesse erregt. Die Gegenwart desselben im Harne wurde von Posner erwähnt; v. Noorden fand meist sogenanntes „Mucin“ im Harne, wo Eiweiss vorkam.

Die Ansicht, dass dieses sogenannte „Mucin“ oft oder regulär in dem Harne vorkomme, hat sich auch in der Litteratur eingebürgert. Die Angabe von Hofmeister findet sich bei Salkowski-Leube<sup>1</sup> vor. Hammarsten<sup>2</sup> sagt, dass eine mucinähnliche Substanz (Nucleoalbumin?) von den Harnwegen und der Blase herrührend, regelmässig, wenn auch in sehr geringer Menge, in dem Harne vorzukommen scheint. v. Jaksch<sup>3</sup> sagt, dass die Gegenwart von Nucleoalbumin (Mucin) im Harne nicht als ein pathologisches Symptom anzusehen sei, da jeder normale Harn etwas Schleim enthält.

Diese Substanz wird auch von Huppert<sup>4</sup> unter den normalen Harnbestandtheilen aufgeführt. In der älteren Auflage wird sie als „Mucin“ bezeichnet; in der neueren Auflage wird sie als „mucinähnliche Substanz“ und synonym in der Beschreibung „Nucleoalbumin“ genannt. Die Auffassung der Substanz als ein Nucleoalbumin wurde zuerst von Huppert ausgesprochen. Er sagt nämlich, dass die neueren Untersuchungen es so gut als gewiss erscheinen lassen, dass dieser Körper ein Nucleoalbumin ist. Er stützt diese Ansicht auf die Aehnlichkeit mit dem „Mucin“ der Galle, welches nach Paykull<sup>5</sup> wahrscheinlich ein Nucleoalbumin ist.

Seitdem hat Obermayer<sup>6</sup> theils aus diesen Gründen, theils auf die Untersuchungen Lönnberg's<sup>7</sup> hin, in welchen kein Mucin, wohl aber Nucleoalbumin in den Nieren und der Blasenschleimhaut des Rindes aufgefunden wurde, theils wegen des Vorkommens von Phosphor in der durch Essigsäure aus icterischem Harn bewirkten Fällung die Ansicht ausgesprochen, dass die Fällungen, welche durch Essigsäure im Harne bei Icterus, Diphtherie, Leukämie und nach der Einführung gewisser Gifte (Pyrogallol, Naphtol, Sublimat) hervorgerufen werden, aus Nucleoalbumin bestehen.

Als Nucleoalbumin habe ich<sup>8</sup> den Eiweisskörper eines Harnes

<sup>1</sup> Salkowski-Leube, *Die Lehre vom Harn*. 1882. S. 217.

<sup>2</sup> Hammarsten, *Lehrb. d. physiol. Chemie*. 1891. S. 314 u. 330.

<sup>3</sup> v. Jaksch, *Klinische Diagnostik*. 3. Aufl. 1892. S. 324.

<sup>4</sup> Huppert, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 8. Aufl. 1881. S. 95 und 9. Aufl. 1890. S. 277.

<sup>5</sup> L. Paykull, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. 1888. Bd. XII, S. 196.

<sup>6</sup> F. Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin*. 1892. Nr. 1.

<sup>7</sup> J. Lönnberg, *Dieses Archiv*. 1892. Bd. III, S. 1.

<sup>8</sup> K. A. H. Mörner, *Hygiea*. 1892. Bd. LIV, Th. I, S. 378.

betrachtet, wo das Eiweiss durch Essigsäure vollständig aus dem dialysirten Harne entfernt werden konnte. Ich stützte mich dabei auf die Ansicht von Huppert und die Untersuchungen von Lönnberg, ferner darauf, dass der untersuchte Harn sich qualitativ so verhielt, wie ein Harn, der mit einer Lösung des nach Lönnberg dargestellten Nucleoalbumins der Nieren versetzt worden war.

Eine Zusammenstellung der Eigenschaften der „mucinähnlichen Substanz“ des Harns hat Huppert gegeben.

Durch Weingeist wird die Substanz aus dem Harne gefällt. Die Fällung ist in Wasser löslich; längere Zeit unter dem Weingeist aufbewahrt, kann sie zum Theil unlöslich werden.

Die Substanz wird aus der Lösung durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag ist in überschüssiger Essigsäure schwer löslich; durch Eisessig wird er gelöst. Die Ausfällung durch Essigsäure wird durch die Gegenwart von Salzen erschwert oder verhindert. Aus dem Harne wird die Substanz daher nach dem Verdünnen mit Wasser leichter gefällt.

Durch Mineralsäuren wird die Substanz gefällt und durch einen Ueberschuss der Säure leicht gelöst; durch eine grössere Menge der Salpetersäure wird sie wieder gefällt. Bei der Probe nach Heller giebt die Lösung daher zwei Ringe, von welchen der untere dem gewöhnlichen Eiweissring entspricht, und der obere von der Fällbarkeit durch eine sehr geringe Menge der Säure herrührt (Reissner).

Die durch Essigsäure ausgefällte Substanz wird durch Alkali leicht gelöst.

Die Substanz ist gewissermassen durch die Hitze coagulabel. Die Lösung trübt sich beim Erhitzen; wenn Essigsäure zur heissen Flüssigkeit zugesetzt wird, so entsteht eine flockige Fällung, welche schwerer löslich sein kann, als die durch Essigsäure in der Kälte ausgeschiedene Substanz.

Durch Sättigen mit Magnesiumsulfat bei einer Temperatur von 30° wird sie nach Müller vollständig gefällt; unvollständig dagegen durch Kochsalz.

Die Lösung in Essigsäure wird (wie das Eiweiss) durch Ferrocyankalium, Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Pikrinsäure, Quecksilberjodid-Jodkalium, Quecksilberchlorid gefällt.

Auch die Lösung in Salzsäure wird durch Ferrocyankalium gefällt.

Die Substanz giebt die Farbenreactionen der Eiweissstoffe: die Biuretreaction, die Reactionen von Millon, Adamkiewicz, Liebermann und Axenfelt.

Nach Müller und Schreiber giebt sie beim Kochen mit einer Mineralsäure keine reducirende Substanz.

Die Verbindung des Eiweisses (hauptsächlich Serumalbumins) mit den eiweissfällenden Substanzen des Harns, welche ich aus dem normalen (oder dem schwach eiweisshaltigen) dialysirten Harn durch Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform ausgefällt habe, verhielt sich qualitativ in ähnlicher Weise. Bei verschiedenem relativem Gehalt an Eiweiss und an eiweissfällender Substanz war das Verhalten dieser Fällung etwas verschieden, was auch kleine Verschiedenheiten in den Angaben der Litteratur über die mucinähnliche Substanz des Harns erklären kann.

In einer Hinsicht besteht jedoch ein Unterschied. Die Fällung, welche ich aus dem normalen (und dem schwach eiweisshaltigen) Harne erhielt, gab bei dem Kochen mit Salzsäure eine reducirende Substanz, während nach Müller und Schreiber die mucinähnliche Substanz sich in dieser Hinsicht negativ verhielt. Vielleicht habe ich eine grössere Menge Substanz zur Verfügung gehabt und konnte daher leichter die Reduction nachweisen. Zu bemerken ist auch, dass die Reduction schwächer ausfällt, als z. B. bei der Untersuchung von Mucin, und dass sie nicht sogleich beim Aufkochen hervortritt, sondern erst nach etwas längerem Erwärmen. Die Probe habe ich in kochendem Wasser stehen lassen; nach einigen Minuten trat dann die Reduction ein und nahm bei Aufbewahrung in der Hitze oder in der Kälte zu. Die Fällung von Kupferoxydul konnte schliesslich ziemlich bedeutend sein.

Eine andere Erklärung dieses Unterschiedes ist jedoch auch möglich. Zwar gab die aus dem normalen (und dem schwach eiweisshaltigen) Harne erhaltene Fällung, welche eine Chondroitinschwefelsäureverbindung war, eine reducirende Substanz beim Erwärmen mit Salzsäure. Andere eiweissfällende Substanzen des Harns können sich anders verhalten. Eine Bildung reducirender Substanz ist bei den Nucleinsäuren nicht immer sicher; aus der Gallensäureverbindung des Serumalbumins ist natürlich in dieser Weise keine reducirende Substanz zu erhalten.

### Schlussfolgerungen.

Durch die in der Abtheilung II. (1 und 2) beschriebenen Untersuchungen wird es möglich, die Fragen über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harne und über die Natur der Substanz des Harns, welche unter den Namen „aufgelöstes Mucin“, „mucinähnliche Substanz“, „Nucleoalbumin“ beschrieben worden ist, zu beantworten.

In keiner der Untersuchungen von normalem, im gewöhnlichen Sinne eiweissfreiem Harne fiel die Prüfung auf Eiweiss negativ aus.

Nur einmal war das Ergebniss so schwach, dass es kaum deutlich war. Sonst zeigte sich, dass die im dialysirten Harn durch Essigsäure und Schütteln mit Chloroform bewirkte Fällung einen Eiweisskörper enthielt. Es ist daher als Regel anzusehen, dass der Harn von erwachsenen Männern und Weibern Eiweiss enthält.<sup>1</sup>

Mucin habe ich in dieser Fällung nicht nachweisen können. Wenn auch etwas Mucin sich in dieser Fällung vorfinden sollte, so kann ich jedoch als sicher behaupten, dass die Menge desselben einen nur unbedeutenden Bruchtheil der Fällung ausmacht.<sup>2</sup>

Aus der Zusammensetzung der Fällung und aus anderen, oben erwähnten Gründen kann ich schliessen, dass der Eiweisskörper der Fällung (hauptsächlich) Serumalbumin ist.

Aus dem Harn wird jedoch das Serumalbumin in einer Verbindung ausgefällt, welche in einigen Eigenschaften einem Mucin oder Nucleoalbumin ähnlich ist. Eine solche Verbindung mit den „eiweissfällenden Substanzen“ des Harns wird nämlich bei Zusatz von Essigsäure gebildet. Verbindungen dieser Art sind es, welche unter den Namen „aufgelöstes Mucin“, „mucinähnliche Substanz“, „Nucleoalbumin“ beschrieben worden sind.

Unter diesen Namen ist der letzte insofern berechtigt, als Nucleinsäure ziemlich constant in der Fällung vorzukommen scheint, was ich durch den Nachweis von Phosphor und von Nucleinbasen ermitteln konnte. Unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns ist jedoch die Nucleinsäure normal von ganz untergeordneter Bedeutung, indem das Nucleoalbumin — oder mit einem neueren Namen das Nucleoprotein — nur einen geringen Theil der Fällung ausmacht.

In dem normalen Harn nimmt die Chondroitinschwefelsäure unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns den ersten Rang ein. In allen Versuchen wurde sie im normalen (und in dem schwach eiweisshaltigen) Harn nachgewiesen. Sie wurde sogar fast rein dargestellt, so dass ihre Eigenschaften sicher dargethan werden

<sup>1</sup> Wenn das Eiweiss bisweilen (vielleicht in einem Harn von niedrigem Eigengewicht) vermisst werden sollte, so wird natürlich die Regel dadurch nicht verändert. Es ist ja nicht einmal dadurch erwiesen, dass dieser Harn eiweissfrei war, da die Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode keine unbegrenzte ist.

<sup>2</sup> In der Nubecula findet sich, wie ich in der ersten Abtheilung dargethan habe, ein Körper der Mucinsubstanzgruppe, das „Harnmucoïd“, vor. Wie viel Interesse das Harnmucoïd auch im Uebrigen darbieten mag, so ist es für die Untersuchung der erwähnten Fällung von geringem Interesse, da es, seinen Eigenschaften nach, in dieser Fällung kaum als anwesend erwartet werden kann, und da auch nicht wiedergefunden wurde.

konnten. Die Analyse der Fällungen zeigte, dass es hauptsächlich diese Säure ist, welche in dem normalen Harn eiweissfällend wirkt.

Möglicherweise kann auch unter normalen Verhältnissen die Taurocholsäure in der Fällung vorhanden sein, aber nur in sehr geringer Menge. Im pathologischen Harne kann sie aber als eiweissfällende Substanz eine hervorragende Bedeutung gewinnen.

Die Eigenschaften der Eiweissverbindung können etwas wechseln. Ausser anderen Umständen (wie die Menge der gegenwärtigen Salze u. s. w.) ist die relative Menge des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen von Bedeutung. Je grösser die relative Menge der eiweissfällenden Substanz ist, desto mehr werden die Eigenschaften des Eiweisses verdeckt. Die Eigenschaft, beim Kochen zu coaguliren, die Löslichkeit und die Fällbarkeit werden verändert. Gewöhnlich hat die Verbindung in ihrem Verhalten gegen Säuren (wie Essigsäure, Salzsäure) Aehnlichkeit mit einem Nucleoalbumin oder mit einem Mucin.

Wenn in einem Harne die Eiweissmenge gesteigert wird, werden zuerst Reactionen, die an Mucin erinnern, erhalten. Bei einem noch grösseren Gehalt an Eiweiss treten die Reactionen des Eiweisses hervor, und werden schliesslich ganz vorherrschend. Dadurch wird der Umstand erklärt, welchen zuerst Reissner und dann Andere beschrieben haben, der nämlich, dass eine Albuminurie durch ein Auftreten von sogenanntem „aufgelöstem Mucin“ eingeleitet wird, und dass die Ausscheidung des sogenannten „Mucins“ nach dem Aufhören der Albuminurie während einiger Tage fortdauert. Hierdurch wird auch der von v. Noorden angegebene Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von Eiweiss und von sogenanntem „Mucin“ im Harne erklärt.

Aus Gründen, welche ich oben angeführt habe, scheint deutlich hervorzugehen, dass die Ausscheidung des Eiweisses und der Chondroitinschwefelsäure zwei von einander unabhängig verlaufende Processe sind, oder mit anderen Worten, dass keine präformirte Chondroitinschwefelsäureverbindung des Eiweisses in dem Harne ausgeschieden wird.

Selbstverständlich gilt dies auch für die Taurocholsäure, wo solche zugegen ist. Für die Nucleinsäure scheint mir diese Sache weniger klar vorzuliegen.

Nach der, wie ich glaube, allgemein gehuldigten Anschauung wird man den Ursprung des Serumalbumins, da ich seine Identität nachgewiesen habe, im Blute suchen. Dies stimmt mit der Theorie von Senator überein, welche einen Uebergang des Serumeiweisses durch die Glomeruli annimmt. In dieser Hinsicht muss ich mich jedoch damit begnügen, auf die herrschende Auffassung hinzuweisen:

Die Untersuchung des Harns kann natürlich die Frage nicht weiter führen, als zum Nachweis, dass es Serumalbumin ist, welches in dem normalen Harn vorkommt, und dass das Eiweiss schon innerhalb der Harnblase vorkommt, wie ich bei der Untersuchung des durch Catheter entleerten Harns von Weibern gefunden habe.

Dass in dem Harn von Männern Eiweiss vorkommen kann, das aus den Drüsen in das Harnrohr ausgegossen wurde, ist natürlich möglich. Dass aber ein Theil des in der Essigsäurefällung aus dem normalen Harn von Männern gefundenen Serumalbumins diesen Ursprung habe, ist jedoch nicht erwiesen; übrigens scheint mir diese Frage von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Inwiefern die Schleimhaut der Harnwege (Nierenbecken, Harnleiter und Harnblase) zum Eiweissgehalt des Harnes beitragen, ist schwierig zu sagen. Zu bemerken ist jedoch, dass die Nubecula, welche sich von diesen Theilen herleitet, beim Behandeln mit Ammoniak oder Natronlauge auch bei stark alkalischer Reaction nur eine geringe Menge von Eiweiss abgab.

Den Ursprung der Chondroitinschwefelsäure suche ich in den Nieren, da ich in den Nieren von Rindern die Säure nachgewiesen habe. Weiter konnte ich den Ursprung der Säure nicht verfolgen; im Blute konnte ich sie nicht wiederfinden. Zur Annahme, dass sie ihren Ursprung in der Schleimhaut der Harnwege hat, liegt keine Veranlassung vor.







